

الجمهورية العربية المتحدة
وزارة التربية والتعليم

الحيول وحيال الحاشية

للصيف الثالث بالمدارس الثانوية

تأليف

دكتور صلاح الدين حافظ عوض

دكتور محمد إبراهيم فارس

دكتور محمد يوسف حسن

دكتور محمد عز الدين سليمي

حقوق الطبع محفوظة للوزارة

١٣٨٦ هـ - ١٩٦٦ م

إهداء ٢٠٠٧
ورثة الفنان/ حامد سعيد
القاهرة

الجمهورية العربية المتحدة
وزارة التربية والتعليم

الحيولوجيا الحديثة

لِلصِّفِّ الثَّالِثِ بِالْمَدْرَسِ الثَّانَوِيَّةِ

تأليف

دكتور محمد إبراهيم فارس دكتور صلاح الدين حافظ عمن
دكتور محمد عز الدين حلمي دكتور محمد يوسف حسن

حقوق الطبع محفوظة للوزارة

١٣٨٦ هـ - ١٩٦٦ م

الباب الأول

التاريخ الجيولوجي للكرة الأرضية

تعريف :

درسنا في منهجي الجيولوجيا للصفين الأول والثاني مادة الأرض (البلورات والمعادن والصخور) ، والتركيب البنائي للأرض (الطيقات والصدوع) ، والعوامل السطحية المختلفة (هواء ، ماء ، أحياء) التي تؤثر على الأرض ، وكذلك العوامل الداخلية (براكين ، زلازل ، بحجب ، اختفاء قارة وظهور جبل) .

والسؤال أو الأسئلة الآن هي :

ماذا كان شكل الأرض منذ ٢٠٠٠ مليون سنة ؟

ما شكل الحيوانات التي كانت تعيش على الأرض منذ ٥٠٠ مليون سنة ؟
هل كانت من نفس نوع الحيوانات التي تعيش الآن ، أم أنها انقرضت وحلت محلها حيوانات أرقى منها ؟

متى انشقت الأرض وانفصلت شبه جزيرة العرب عن القارة الافريقية وظهر البحر الأحمر بينهما ؟

متى تكون نهر النيل ؟ وأين كان يصب مياهه ؟ هل كان هذا في بحيرة داخلية عند الفيوم أم في البحر المتوسط ؟

وكثير غيرها من الأسئلة الممتعة التي تطوف بخيال الانسان ، ويختص بالاجابة عنها فرح من علم الجيولوجيا يدرس ويبحث في نشأة الأرض وتطورها ، وما تأهل به من نباتات وحيوانات : انه علم الجيولوجيا التاريخية . ان الجيولوجيا التاريخية هي ذلك الفرع الذي يختص بجمع

النتائج والمعلومات التي تتوصل إليها الأفرع الأخرى من الجيولوجيا ليكوّن منها تاريخاً مفصلاً للكرة الأرضية . أو باختصار تختص الجيولوجيا التاريخية بدراسة التطوّر العضوى (الحيوانات والنباتات) وكذلك التطور غير العضوى (البيئة وغيرها) اللذين حدثا للكرة الأرضية منذ نشأتها وعبر ملايين السنين حتى وقتنا هذا . كذلك تختص الجيولوجيا التاريخية بدراسة العلاقة بين هذين النوعين من التطور كلما أمكن ذلك . ويرينا السجل الجيولوجي (كما يبدو من دراسة الصخور الرسوبية والحفريات الموجودة بها) أنه حينما يكون هناك تغير في ظروف البيئة الطبيعية فانه يتبع ذلك تغير في النواحي العضوية (أى فى الحيوانات والنباتات) . ويمكن تفسير ذلك بأننا ليس سوى مجرد تاريخ مستمر لتأقلم الحيوانات والنباتات وتكيفها تبعاً للبيئة . ويعتقد كثير من الجيولوجيين وعلماء الحفريات أن تطور البيئة (أو بمعنى آخر التطور غير العضوى) كان السبب الأساسى للتطور العضوى (أى التكوّن المستمر لأشكال أو صور جديدة ومعقدة من الحياة) . ومهما يكن السبب أو الأسباب فى التطور ، فيحتمل كثيراً أن المناخ كان أحد العوامل فى التطور ، كما يكشف لنا ذلك دراسة تاريخ الصخور الرسوبية وتعاقب طبقاتها وعمليات التشكيل المختلفة - من انسياب وتكسّر وثبات وصدوع - للغلاف اليابس .

التأريخ أو السلم الزمنى :

من الواضح أنّ كل علم تاريخي يحتاج الى تحديد الترتيب الزمنى للحوادث التي وقعت فى المكان الذى يدرسه . أى أنّ العلم التاريخي يحتاج الى تقويم أو سلم زمنى ترجع اليه الحوادث التاريخية . وفى التاريخ الهجرى مثلاً نبدأ التأريخ من هجرة النبي محمد صلى الله عليه وسلم ، وفى التاريخ المسيحى نبدأ التأريخ من ميلاد النبي عيسى عليه السلام . ثم نستعين بدورة الأرض حول الشمس لنقسم تلك الفترة الى وقتنا هذا الى أعوام وأجيال وقرون ، كلّ له عدده أو رقمه ، فنقول عام ١٣٨١ هجرى ،

وعام ١٩٦١ ميلادياً ، والقرن العشرين مثلاً ، وهلم جرا ، أحياناً أوجدنا
سُلماً زمنياً يُمكننا به تحديد وقت وقوع أى حادث بالضبط
بالنسبة إلى هذا السُلم .

فأولُ مشكلة اذن للمؤرخ الجيولوجى هى ايجاد سلم زمنى أو تأريخ
أو تقويم يُؤرِّخُ به حوادث الكرة الأرضية أى يهدف بواسطته الى ترتيب
الحوادث الجيولوجية المختلفة ترتيباً زمنياً منذ تكوين الأرض الى وقتنا
هذا . ولم تحلُ مشكلة التوقيت الا عندما نَبَّه عالمٌ انجليزى زملاءه
ممن يهتمون بدراسة صخور ومعادن القشرة الأرضية - منذ قرن ونصف
تقريباً - الى بديهية لا تحتاج الى اثبات كثير - وهذه البديهية هى أن
القاعدة الأساسية فى الصخور الرسوبية أن كل طبقة أحدث تكوُّناً
مما تحتها ، وتسمى هذه القاعدة بقانون تعاقب الطبقات .

١ - تعاقب الطبقات

لو أنك قمت برحلة الى مصر العليا فستلاحظ أن سُفوح التلال
التي تُكوِّن جوانب وادى النيل تتألف من الصخور الرسوبية والتي تعرف
أيضاً باسم الصخور الطباقية ، اذا أنها تتكون من طبقات متوازية الواحدة منها
تليو الأخرى . ان هذا الترتيب المتعاقب للطبقات يسمى « الطباقية »
وتسمى الدراسات الخاصة بتكوين الطبقات وطبيعة تعاقبها بعلم الطبقات ،
ونتائج هذا العلم هى أهم مقومات علم التاريخ الجيولوجى .

وفى الأماكن التى أشرنا اليها حيث توجد أمثلة من الصخور الطباقية
المألوفة لدينا ، يمكن أن نلاحظ أن الطبقات هناك توجد أفقية أو تكاد
تكون كذلك فى معظم امتدادها . وانه لمن الطبيعى جداً أن نفكر فى أن
الطبقة التى توجد عند قاعدة أية مجموعة منها ، والتى يمكن تحديدها على
أنها الطبقة الأولى فيها هى أقدم طبقات هذه المجموعة ، وأن الطبقات التى

تتلوها الى أعلى قد ترسبت فوقها الواحدة تلو الأخرى بترتيب زمنى هو نفس ترتيب تعاقبها ، أى أن كل واحدة أحدث ترسباً من التي تحتها ، وأن أعلى طبقات المجموعة هي أحدثها من ناحية تاريخ الترسب .

هذه البديهة هي ما يسمى قانون تعاقب الطبقات أو القانون الأول فى علم الطبقات . وترجع ملاحظتها الى العالم الانجليزى وليم سميث فى أواخر القرن الثامن عشر . ويمكن صياغة هذا القانون هكذا :

« فى كل تابع من الطبقات تكون الطبقات السفلى هي الأقدم فى العمر تتلوها الى أعلى طبقات أحدث منها عمراً ، وتكون أعلى الطبقات هي أحدثها ترسباً ، هذا ما لم تتعرض الطبقات الى حركات أرضية قوية يكون من نتائجها اختلال هذا النظام » .

ويلاحظ فى منطوق قانون التعاقب أننا نحفظنا بالجملة الأخيرة ، اذ أنه فى الواقع كثيراً ما تعترض تابعات الصخور حركات أرضية تطويها وتصدعها ، أو تؤدى الى ازالة مرحلة منها فيما سميناه بعدم التوافق ، وهذه ظواهر تجعل تتبّع التاريخ الجيولوجى مهمة صعبة ، ويجدر بالجيولوجيين فى مثل هذه الأحوال أن يدرسوا بضاية طبيعة عوامل الاضطراب هذه والنتائج التي أدت اليها قبل تطبيق قانون التعاقب ، والآن فنكون عواقب استنتاجاتهم أخطاء جسيمة فى التاريخ الجيولوجى للمنطقة موضوع الدراسة ، كما سنرى حالا من تفهم المثالين الآتيين :

موضع وأجل أمثلة التعاقب الطبيعي للطبقات والتي يمكن تطبيق قانون التعاقب فيها بسهولة هي الرواسب التي تكون حُدُران منخفض الوادى الجديد بصحراء مصر الغربية ، كما فى الواحات الخارجة والداخلية ، وكذلك سفوح التلال التي تبرز من قيمان هذه الواحات . فاذا فحصت التابع الصخري العام فى تلك المنطقة ، شكل (١) ، فسجد يتكوّن أساساً فى معظم الأمكنة من أعلا الى أسفل مما يأتى :

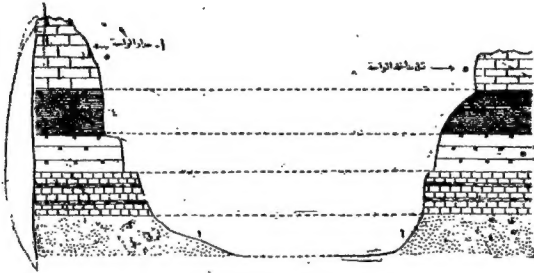
أعلى : (٥) صخور جيرية بيضاء أو بلون « البسكوت » (تسمى الصخور الليبية) .

(٤) طفل رمادي سطحي (يسمى الطَّفْلُ الاسناوى) .

(٣) طباشير أبيض ناصع بلون الثلج (يسمى الطباشير الأبيض الناصع) .

(٢) حجر جيري داكن اللون غنى بالحفريات وتخلله رقائق من الطفل .

(١) حجر رملي أحمر غالباً ، وبه طباقية كاذبة (يسمى الحجر الرملى النوبى) .



شكل (١)

شكل يبين تتابع الطبقات في واحة بالوادي الجديد . الخطوط المنقطعة تبين المضاهاة بين الطبقات في جدار الواحة في تل بداخلها

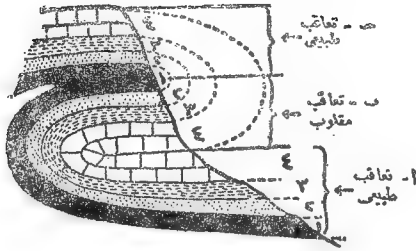
- ٥ - الصخور الليبية .
- ٤ - الطفل الاسناوى .
- ٣ - الطباشير الناصع .
- ٢ - حجر جيري به رقائق من الطفل .
- ١ - الحجر الرملى النوبى .



وفي معظم هذه الأماكن توجد الطبقات أفقية غالباً ، أو تكاد تكون كذلك وخالية في معظم الأحوال من أية آثار للحركات والاضطرابات الأرضية . وينطبق قانون تعاقب الطبقات يمكن القول بأن الحجر الرملي النوبي هو أقدم طبقات هذا التعاقب عمراً ، ويليه الحجر الجيري الداكن اللون فهو أحدث منه عمراً ، ثم الطباشير الأبيض الناصع ، ثم الطفل الأبيض . وأحدث الطبقات كلها في الترتيب هي الصخور اللبنة (٤) والتعرف عليه وترتيب طبقاته ترتيباً زمنياً كما وضعنا آنفاً ، وذلك بصرف النظر عن اختلاف الطبوغرافيا (التضاريس) وتباعد الأماكن ، فنفس التابع يمكن ملاحظته في التلال البارزة في أرضية الواحات ، وفي سفوح جدران الواحات نفسها ، ويمكن ملاحظته كذلك في الجانب الآخر لامتداد هذه الجدران من الناحية الشرقية ، أي على سفوح جوانب وادي النيل في مصر العليا .

ولكن هناك أمثلة من أماكن وجود الصخور الرسوبية حيث تعرضت الصخور في الماضي للطي والتصدع نتيجة للحركات الأرضية مما أدى إلى طمس معالم التعاقب الأصلي للطبقات . وسنضرب لمثل هذه الحالة مثالا بالشكل (٢) .

لو أننا تتبعنا الطبقات الظاهرة على السطح ، فقد يُظن في أول الأمر أنهما سلسلة واحدة مكونة من عشر طبقات . ولكن الفحص الدقيق لطبيعة كل طبقة على حدة وما تحتويه من مميزات خاصة ، كالحفريات مثلاً ، سيؤدي إلى الكشف عن تكرار لطبقات بعضها مرة أو عدة مرات في التعاقب وظهور تلك الطبقات في مستويات مختلفة في المجموعة ، وهذا دليل على سابق تعرض المجموعة الأصلية لحركات الطي وانعكاس التعاقب في بعض أجزاء الوضع الجديد لها ، كما هو مبين بالشكل (٢) فالجزء الأسفل « أ » يوضح تعاقباً طبيعياً سليماً وعند نهايته ، في الطبقة رقم ٤ ، ينعكس التعاقب في الجزء « ب » نتيجة لحركة الطي ، فتكون أسفل الطبقات في



شكل (٢)

تسببت هذه الطية في تكرار تتابع الطبقات وانقلابه في جزء منها (ب)

هذا الجزء هي أحدثها ، وأعلىها هي أقدمها ! ثم يستعمل التعاقب ثانياً في الجزء « ح » . وهذا المثال يبين الأهمية القصوى للدراسة المتأنسة الدقيقة الواعية للطبقات وميزاتها المختلفة وطبيعتها ، قبل محاولة ترتيبها ترتيباً زمنياً واستنتاج تاريخها الجيولوجي .

٢ الترابط الحجري والحفرى بين الطبقات (المضاهاة أو التوفيق بين الطبقات)

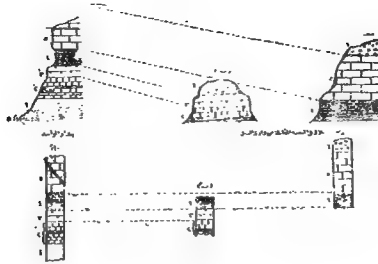
كان من نتائج اكتشاف وليم سميث لقانون تعاقب الطبقات أن توصّل إلى تطبيقات عملية هامة في علم الجيولوجيا قام بها هو نفسه لأول مرة ، فأثبت قائمتها الكبيرة في مقارنة التسابحات الصخرية ببعضها البعض وتعيين الأعمار النسبية للطبقات التي تحتوي عليها في الأماكن المختلفة . وتتلخص هذه التطبيقات في الاستفادة من تعيين العمر النسبي لطبقات مميزة في قطاع ما ، وتعيين الطبقات المشابهة لها في أية قطاعات أخرى ثم ربط هذه الطبقات المتشابهة ببعضها البعض ، وتحديد الأعمار النسبية لجميع الطبقات الأخرى بنسبة إليها . هذه العملية تسمى عملية الترابط أو المضاهاة أو التوفيق بين الطبقات .

الترابط الجبرى :

يمكننا تمهيم كيفية اجراء عمليات الترابط بين الصخور لو أننا طبقناها على مثال حقيقى . فلو أننا درسنا تتابعاً ما بضاية ، كذلك الذى أشرنا الى وجوده فى جدران منطقة الواحات الخارجة والداخلية (شكل ١٠) ، وتعرفنا على الخصائص والمميزات الجبرية لجميع طبقاته ، ثم حددنا الأعمار النسبية لها بتطبيق قانون التعاقب ، أى بتسجيل ترتيبها حسب تنافها فى القطاع ، ثم لاحظنا وجود تتابع آخر من طبقات مشابهة ، كذلك الذى يوجد فى التلال المنتشرة داخل الواحات ، لأننا اجراء المقارنة أو عملية الترابط بين طبقات كل من التابيع فى المكانين الميئين ، ولا يمكن بذلك تسجيل التعاقب الزمنى والأعمار النسبية للطبقات فى المكان الجديد ، (انظر شكل ١٠) .

ولكن اذا فرضنا أننا لم نجد نفس التابع كاملاً فى المنطقة الجديدة (بسبب تعرضها لعمليات الحت والتعرية التى أزلت أجزاء منها) كما هو الحال فى الصخور المناظرة التى تكون سفوح سلاسل التلال التى تحدد وادى النيل فى مصر العليا ، فإن العملية تحتاج الى شيء من التصرف . والدراسة الدقيقة للخصائص الجبرية للطبقات فى تلك المنطقة ستؤدى الى التعرف على طبقة أو أخرى تضاهى تماماً إحدى الطبقات التى نعرفها فى القطاع الأول ، وبذلك يمكن الربط بينهما ومعرفة الوضع الزمنى النسبى للطبقة الجديدة ، وبالتالي يمكن تعيين الأعمار النسبية لها يليها أو ما يسبقها من طبقات فى التابع الجديد الناقص . وهكذا يمكن اجراء الترابط بين جميع الطبقات فى القطاعات المختلفة ، (شكل ٣) ، وبذلك يمكننا توضيح التاريخ الجيولوجى والتتابع الزمنى للصخور فى منطقة واسعة .

وتسمى عملية التوفيق بين الطبقات وتحديد أعمارها النسبية فى أماكن مختلفة بهذه الطريقة ، أى على أساس دراسة مميزاتها الجبرية بعملية الترابط الجبرى ، وهى إحدى نتائج التطبيقات العملية لقانون تعاقب الطبقات .



شكل (٣)

كيفية الربط بين الصخور ومضاهاتها في منطقة واسعة وبين تتابعات غير كاملة .

١ : قطاع بين تتابع كامل في جدار واحة بالوادي الجديد .

ب ، د : قطاعان بالمنطقة المقابلة بوادي النيل ويلاحظ ان التتابع في «ب» ينتهى من أعلى بالطفل الأسناوى ، أما في «د» فيبدأ من أسفل بالطفل الأسناوى . ويلاحظ من تتبع الخطوط المنقطبة كيفية الاستفادة من التعرف على الطفل الأسناوى في مضاهات الطبقات في القطاعات الثلاث .

تمثل الأعمدة ١ ، ب ، د التتابع الصخرى في القطاعات الثلاثة بحيث يتخذ الطفل الأسناوى مستوى واحداً فيسهل توضيح عملية المضاهاة .

٥ - الصخور الليبية .

٤ - الطفل الأسناوى .

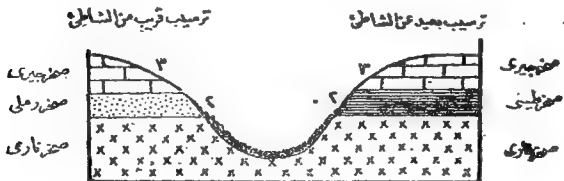
٣ - الطبشير الناصع .

٢ - حجر جبرى به رقائق من الطفل .

١ - الحجر الرملى النوبى .

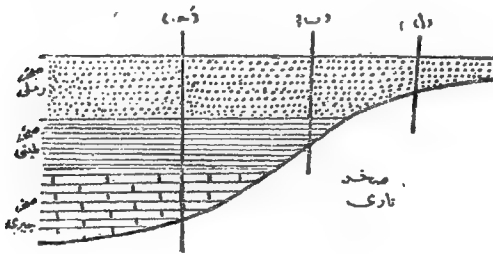
ولكن هذه الطريقة في الترابط تكون مأمونة العواقب نسبياً عندما تستعمل للربط بين الطبقات في منطقة ترسيب واحدة ، حينئذ تحدث تغيرات أساسية في طبيعة الطبقات في المناطق المتباعدة ، فغالباً ما تحدث تغيرات أساسية في طبيعة الصخور التي ترسب في نفس الوقت وذلك حسب ظروف البيئة التي ترسب فيها . فمثلاً ، في نفس الوقت الذي ترسب فيه الآن روائتٌ طينية في وادي النيل ، ترسب رُؤُوس رمليّة في الصحراء الغربية ، مما يشكل صعوبة كبيرة في عمليات المقارنة والربط بين الطبقات التي تتبّع مناطق متباعدة ، وحتى في المنطقة الواحدة فإن مثل هذه التغيرات قد تحدث ، ولكن آثارها لا تكون شديدة بالدرجة التي تعرقل عمليات الترابط الحجري تماماً ومثل هذه التغيرات تسمى **التغيرات الجانبية** وهذه تحدث غالباً في الصخور التي ترسب بالقرب

من الشواطئ . فعندما ترسب طبقة بالقرب من الشاطئ يغلب عليها التركيب الرملي ، فإذا ما تبعناها بعيداً عن الشاطئ في اتجاه البحر نجد أنها تتحول تدريجياً إلى التركيب الطيني ؛ وإذا كانت هناك مجموعة من الطبقات في منطقة واسعة وتحتوي على مثل هذه الطبقة ، وحدث أن تعرضت المنطقة لعوامل التعرية مما أدّى إلى حفر وادٍ واسع مثلاً ، واخترق هذا الوادي مجموعة الطبقات فإنه سيظهر على أحد الجانبين تابعاً يختلف عن ذلك الذي يظهر على الجانب الآخر من حيث التركيب الحجري ، ولكن كلا التابعين واحد من حيث الترتيب الزمني ، شكل (٤) .



شكل (٤)

ومن الصعوبات الأخرى التي تواجه الجيولوجي في الاستعانة بالترابط الجبرى لعمل السُلَّم الزمنى هو التَّخَطُّى شكل (٥) ، وهذا ما يحدث على حوافِّ الأحواض التي تتكون فيها الصخور الرسوبية اذا كان هناك هبوطٌ للبرِّ بالنسبة للماء ، اذْ تَتَخَطَّى كل طبقة ما تحتهَا من طبقات . وكما يتضح من الشكل (٥) ، يعطى المؤرخ الجيولوجى تاريخاً خاطئاً للحوادث الجيولوجية اذا اقتصر فى دراسته على المقطع عند النقطة (١) فى الشكل ، فيقول تَكُونُ صخرٌ نارىٌّ ثم ترسب فوقه صخر رملى .

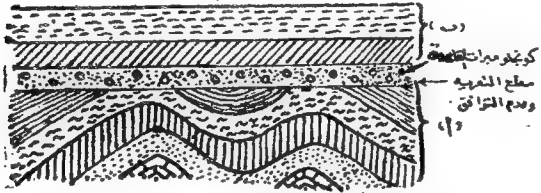


شكل (٥) التخطى

فاذا وضع تاريخه أو سُلَّمه الزمنى على هذا الأساس كان سلماً زمنياً غير صحيح ، اذ قد ترك فترة من الزمن يُمثَلها رسوب الصخر الجبرى والصخر الطينى . واذا قَصَرَ دراسته على المقطع عند (ب) ضاع من سلمه تلك الفترة التي تمثل الصخر الجبرى عند (ج) .

والصعوبة الثالثة عند الاستعانة بالترابط الجبرى فقط هي عدم التوافق بين مجموعتين متاليتين من الصخور ، شكل (٦) . وفى هذه الحالة نجد أنه قد ترسبت عدة طبقات من صخور مختلفة فى قاع البحر ، ثم تحت تأثير حركاتٍ بانية للقارات انقشع عنها البحر ، وأصبحت جزءاً من

اليابسة ، وهنا بدأت عوامل التعرية تعمل فيها وأزاحت جزءاً منها وتكوّن ما يسمى بسطح التعرية أو سطح الحتّ • ثم عاد البحر نتيجة لعوامل أخرى ، وغطى هذه الطبقات ، ثم رسّب فوق سطح التعرية مجموعة أخرى من الصخور ، نتج ما يُسمّى عدم التوافق بين مجموعتي الصخور (١ ، ب في شكل (٦)) •



شكل (٦)

أى أن المجموعة العليا لم تتبع مباشرة المجموعة السفلى في الترسيب ، بل أن بينهما حقبية من الزمن يمثلها سطح التعرية لم ترسّب فيها صخور • فإذا لم يتبّ الجيولوجي إلى سطح التعرية هذا ، فمن الواضح أنه يخطئ في التاريخ وتسقط من حسابه تلك الفترة من الزمن التي تمثّل سطح التعرية • وبهذه المناسبة نذكر أنه في كثير من الأحيان يمكن معرفة وجود عدم التوافق إذا وجد في إحدى الطبقات كونجولوميرات ، إذ أن وجود الكونجولوميرات دليل على أن المنطقة كانت في وقت من الأوقات جزءاً من الشاطئ ، لأننا رأينا أن الكونجولوميرات البحرية دائماً تكون على الشاطئ ، وتسمى هذه الكونجولوميرات باسم كونجولوميرات القاعدة أو الأساس ، إذ أنها تكون قاعدة المجموعة العليا من الطبقات فوق سطح التعرية •

والخلاصة هي أن طريقة الترابط الحجرى محدودة الاستعمال من حيث اتساع الرقعة التي يمكن تطبيقها فيها •

الترابط الحفري

بالنسبة لهذه الصعوبات التي تعرقل استعمال طريقة «الترابط الحفري»، بين الطبقات وخاصة عند اجراء الترابط بين طبقات تقع في مناطق متباعدة فلا بد لنا من وجود شواهد أخرى للترابط غير مجرد الصفات الحجرية للشخور . وقد وفق الى الكشف عن مثل هذه الشواهد لأول مرة ولیم تسميت أيضاً ، فقد اكتشف من دراساته وملاحظاته الدقيقة لمميزات الصخور التي كان يعمل عليها ، أن كل طبقة تمتاز الى جانب صفاتها الحجرية الخاصة عادة باحتوائها على بقايا لما كان يعيش في أثناء فترة ترسيبها من حيوانات ونباتات قديمة . وهذه البقايا هي ما تسمى بالحفريات أو المستحاثات . ومن دراسات ولیم سميت ومقارناته الواعية لتلك البقايا في الطبقات المختلفة وجد أن كل طبقة أو مجموعة صغيرة من الطبقات تمتاز بأصناف معينة من الحفريات تختلف عن تلك التي توجد في غيرها . ومن ثم تجلّت له فكرة الاستفادة من تحديد وتصنيف المحتويات الحفريّة للطبقات المختلفة في امكان التعرف بواسطتها على الطبقات نفسها اذا وجدت في أماكن جديدة ، وبالتالي امكان تعيين ترتيبها الزمني أو أعمارها النسبية على هدى مقارنتها بنظائرها في أماكن وجودها الأولى .

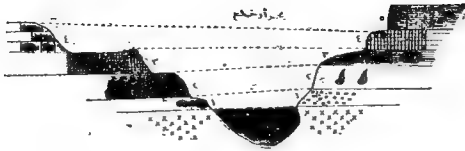
ويمكن صياغة نتائج دراسات ولیم سميت هذه بالنسبة لامكان التعرف على الطبقات من محتوياتها الحفريّة في شكل قانون هكذا : إذ كل طبقة أو مجموعة من الطبقات محتوية على حفريات ، تتميز بحفريّة خاصة أو مجموعة خاصة من الحفريات تمكن من التعرف عليها أينما وجدت ، ويسمى هذا القانون بقانون التعاقب الحفري ، أو القانون الثاني في علم الطبقات .

وقد اتضح فيما بعد من الدراسات الدقيقة على طبيعة الحفريات أنها ليست كلها مفيدة في المّجال ، فبعضها يمتدّ بقاءه الزمني عبر

فترات طويلة من التاريخ الجيولوجي ، فلا يكون مفيداً في تعيين فترات قصيرة معينة ، كما أن بعضها ليس له انتشار جغرافي واسع ليفيد في عمليات الترابط بين المناطق المتباعدة وبين القارات . وكذلك وجد أن بعض الحفريات لا توجد إلا في بيئات ترسيبية معينة ، فإذا ما اختلفت بيئة الترسيب في منطقتين يحدث فيهما ترسيب متزامن (أى في نفس الوقت) ، فإن الحفريات التي تتخلف في طبقات منطقة منهما تكون مختلفة عن الحفريات التي تتخلف في الأخرى برغم تزامنهما . وقد وجد بالبحث أن هناك حفريات لا تتقيد في وجودها ببيئة ترسيب واحدة بل توجد هي نفسها في عدد من البيئات مثل الحجر الجيري والطين . ويستخلص من هذا إذن أنه لتكون الحفزية مفيدة في عمليات الترابط يجب أن تتوفر فيها ثلاثة شروط على أحسن تقدير هي : (١) الملائمة الزمنية القصيرة ، (٢) الملائمة الجغرافية الواسعة ، (٣) عدم التقيد ببيئة ترسيبية واحدة أو بعدد محدود من بيئات الترسيب . ومثل هذه تسمى الحفريات المرشدة ، وهي التي يعتمد عليها في عمليات الترابط الحفري .

وإذا توفر وجود مثل هذه الحفريات المرشدة في بعض الطبقات في قطاعين بمنطقتين متباعدتين ، كأن تكونا في اقليمين مختلفين أو قارتين مختلفتين مثلاً ، فإنه بالرغم مما قد يكون هناك في اختلافات شديدة أو تغيرات جانبية أساسية في الطبيعة الحجرية للطبقات في القطاعين ، فإنه يكون من الممكن التوفيق بينهما بواسطة عملية الترابط الحفري ، كما يتضح من شكل (٧) .

وبالنسبة لما رأينا من أهمية الحفريات في الاستئانة بها كوسيلة مأمونة أكثر للربط بين الطبقات وتحديد أعمارها النسبية فلا عجب أن كانت مادة للدراسات دقيقة منذ وقت طويل . وستورد في الفصل القادم نبذة عن طبيعتها وأقسامها وتراكيبها المختلفة حتى يتمكن



شكل (٧) التراب الحفري

• يلاحظ ان التتابع الصخري على احد جانبي الخليج يختلف عنه على الجانب الآخر ومع ذلك فقد امكن اجراء الترابط بين التتابعين بواسطة الحفريات . فالطبقتين المرقومتين بالرقم (٢) على جانبي الخليج بهما حفريات من نوع واحد وكذلك الطبقتين المرقومتين بالرقم (٣) . وهاتان الطبقتان هما اللتان اخذنا كاساس لعملية الترابط والمضاهاة .

• من التمييز بين الأصناف المختلفة منها عند الاستفادة بها في التاريخ الجيولوجي .

٣ - الحفريات وأمثلة لها

الحفريات أو المستحاثات هي بقايا أو آثار الكائنات الحية التي عاشت في الأزمنة القديمة وتحت ظروف مختلفة عن الظروف الحاضرة ثم دُفِنَتْ في الصخور بعد موتها . وليس من المُحْتَم أن تكون كل بقايا الكائنات القديمة من نبات وحيوان عُرْضَةً للحفظ في هيئة حفريات في الصخور ، فهناك عوامل تساعد على اتمام عملية التَحْفَرِ وعوامل أخرى تمنع ذلك أو تُثَلِّفُ الحفريات وتُزِيلُهَا بَسَدَ تحفُّرها ، والظروف المناسبة لانتمام عملية التَحْفَرِ هي :

(١) وجود هيكل صلب للأصل الحيواني أو النباتي للحفزية .

(٢) الدفن السريع في الرسوبيات .

(٣) وجود الوسط المناسب لحدوث عملية احلال المادة المعدنية
محال الاصل الضوى للحفرية •

أما العوامل التى تمرقل عملية التحفّر فهى :

(١) التمرّض الطويل لموامل التّجوية أو التحلّل •

(٢) وجود بقايا الكائن الحيّ فى طبقات شديدة المسامية بحيث تعمل
الماء المتخلّلة على اذابة مادة هذه البقايا ومحو آثارها تماماً •

(٣) عوامل التحول والحركات الأرضية : فحتى اذا تمّ تحفّر
البقايا فأحياناً ما تتاب الطبقات التى تحويها عوامل التحوّل أو الحركات
الأرضية مما يفسد الحفريات ويذهب بمعالها •

كيفية حفظ الحفريات :

تحفظ بقايا الكائنات الحيّة فى الصخور بطرق عدة تختلف حسب
ظروف البيئة وطبيعة الكائن ، وأهمها :

(١) الحفظ الكامل للكائن الحي بأجمعه : وهذه طريقة نادرة جداً

وتستلزم اصطيداد الحيوان بسرعة بمجرد موته أو وهو فى حالة الحياة فى
وسط يحول بينه وبين عوامل التحلّل احوالة تامة • ومن أمثلة الحفريات
التي احتفظ بها بهذه الطريقة حفريات حيوان الساموث أو الغيل المشعر ،
لوحة (٥) ، المظمورة فى باطن التلوج بسييريا منذ عصور الجليد الأخيرة،
وهي ما زالت هناك محتفظة بكل تفاصيلها الدقيقة من شعر ولحم ، وحتى
المصنّب الذى كانت تنغذى عليه فى أقواها ، منذ الآلاف من السنين ، منذ
أن دُممتها رواسب الجليد السميكة • ومن الأمثلة الأخرى لمثل هذه
الحفريات الحشرات التى لصقت بالأقراوات الصمغية للأشجار فى أزمنة

أقدم من ذلك بعدة ملايين السنين فحفظت بجميع أجزائها مع تحول الصنغ الى الكهرمان ، شكل (٨) ؛ ومن المعروف أنه ما يزيد في قيمة الكهرمان كجواهر كريم ويدل على قدمه ندرته هو احتواؤه على حفریات لحشرات قديمة بائدة .

(٧) الاحتفاظُ بالأجزاء الصلبة من الهيكل بمادته الأصلية :

وهذه الكيفية شائعة بين البقايا الحفرية للكائنات في الصخور الحديثة نسبياً حيث توجد أعدادٌ غفيرةٌ من الأصداف بمادتها الأصلية وأحياناً عظام الفقاريات وأسنانها على وجه الخصوص ، أما المادة العضوية فتكون قد تحللت وزالت تماماً .

(٣) التَّحَجُّرُ : ومعناه تحوُّلُ المادةِ الأصليةِ للهيكل الى مادة

حجرية أو معدنية بطريقة الاحلال المتبادل . وتوجد هذه الكيفية من التحفر في حفریات العصور القديمة . والاحلال يتم بالتبادل الجزئي بين المواد المعدنية الذائبة في المياه التي تتخلل الصخور المحتوية على بقايا الكائنات الحية ومادة الهيكل للكائن الحي ، وقد يكون هذا الاحلال بطيئاً جداً ؛ جزئياً مكان جزئياً ، وفي هذه الحالة تحتفظ الحفرية بجميع التفاصيل الدقيقة للهيكل الأصلي . وقد تكون مادة التحجر هي الجير أو مركبات الحديد (البريت أو الليمونيت) ، وقد تكون السليكا . ويؤودنا التحجر بمادة السليكا بأمثلة جميلة وملفتة للنظر من الحفریات ، مثل حفریات جذوع الأشجار التي توجد في هيئة ما يسمى بالنابات المتحجرة . وتكون فيها الحفریات محتفظة بأدق التفاصيل الأصلية كالأنسجة والخلايا النباتية نفسها ولكن لكونها من مادة السليكا . وأمثلة النابات المتحجرة شائعة في المنطقة الواقعة من شرق القاهرة في الباسية وعلى طول طريق القاهرة - السويس .

(٤) القوالب والطوابع : لقد أشرنا قبل ذلك الى احتمال اذابة المياه

المتخللة للهيكل الصلب للحفرية . وكثيراً ما يكون هذا الهيكل وخاصة

فى حالة الأصداف كالبحار والتواقع قد امتلأ قبل ذلك بالمادة الصخرية التى دُفِنَ فيها ، وبذلك تكون نتيجة اذابة الهيكل تَبَقَّى قالب صخرى له يدلُّ عليه ، وكثيراً ما يحمل طوابع بعض التركيبات الداخلية للهيكل .

أما الطوابع فهى آثار السطح الخارجى للهيكل على المادة الصخرية بعد زوال الهيكل نفسه . وفى بعض الأحيان يذوب الهيكل بعد مدة كبيرة ويبقى فى الصخر كالأ قالب والطابع الخارجى ، ثم ترسب أحياناً مواد معدنية فى الفراغ المتروك بين القالب والطابع الخارجى بشكل الهيكل نفسه . ولكن يجب أن تُفَرَّق بين هذه الحالة وبين حالة التحفُّر بالتحجُّر ، إذ أن التحفُّر فى الحالة الثانية يتم بالاحلال الجزئى لمادة الهيكل وليس بترسيب مادة معدنية فى الفراغ الناتج عن اذابة وزواله نهائياً .

(٥) آثار الكائنات الحية : لقد أشرنا قبلاً الى الطوابع الحفرية وهى

آثار خارجية للهيكل تظهر فى الصخور نتيجة للذوبان الطبيعى لمادة الهيكل ، ولكن الآثار التى نسميها هنا لا يكون ظهورها بنفس الكيفية بل هى آثار يتركها الكائن الحى نفسه على القاع الصخرى للوسط الذى كان يعيش فيه نتيجة لنشاطه أثناء الحياة . ومنها آثار أقدام بعض الفقاريات القديمة والتى كانت تتركها فوق الطين الرطب الذى تجفُّهُ الشمس بعد ذلك قبل أن تغطيه طبقة من الرواسب الجديدة نتيجة عاصفة أو غير ذلك . وهناك آثار حفزية أخرى تحدث نتيجة نوع آخر من النشاط الحيوى ، وهذه مثل مسالك الديدان فى الطين .

الصنيف والتركيب الأساسى للكائنات الحية

وبخاتمة ما يوجد منها فى هيئة حفريات

تنقسم الكائنات الحية أساساً الى قسمين هما :

(١) المملكة الحيوانية ، (٢) المملكة النباتية .

وتنقسم كل من المملكتين الى عددٍ من الأقسام الكبرى تسمى القبائل، وينتمى الى كل قبيلة عددٌ من الطوائف تنقسم بدورها الى رُتبٍ ، والرتب تنقسم الى عائلات ، ويتبع كل عائلة عدد من الأجناس ، ويتكوّن كل جنسٍ من عدد من الأنواع ، أى أن التقسيم التصنيفى للكائنات الحية يتّبع هذا الترتيب التازلى :

مملكة - قَبِيلَة - طَائِفَة - رُتْبَة - عَائِلَة - جِنْس - نَوْع .
وستناول هنا بالتعريف القبائل المختلفة للمملكة الحيوانية خاصة وما يتبعها من طوائف هامة ، وسنضرب مثالا نموذجياً من الحفريات التى تُعَمِّلُ كُلُّ طائفة .

المملكة الحيوانية

(١) قَبِيلَة الأَوَّلِيَّات : وهذه تضم أكثر المجموعات الحيوانية بُدَائِيَّة . ويتكوّن الكائن الأوّل من خلية واحدة . وأهم الطوائف التى تنتمى لهذه القبيلة من وجهة النظر الجيولوجية اثنتان :

(١) الفورَامِينِفِرَا أو المُنْخَرِبَات ، شكل (٨ - أ) ،

(٢) الرَادِّيُولَارِيَا أو الشعاعِيَّات شكل (٨ - ب) . وترجع أهميتها الجيولوجية لوجود صدقةٍ صلبةٍ يُفَرِّزُها الحيوان حول نفسه ، وتكون فى المُنْخَرِبَات عادة من كربونات الجير وفى الشعاعيات من السليكا . وأفراد هاتان الطائفتان حيوانات بحرية هائِمة أسبَابٌ ودقيقة الحجم ، ولو أن هناك بعض أفراد الفورامينيفرا تبلغ أحجاماً كبيرة قد تصل الى حوالى ٣ سم فى القطر مثل جنس "نُمَمُولِيْتِس" Nummulites الذى يكثر فى الطبقات الجيرية من جبل المقطم وتلال منطقة الأهرام والأحجار التى بُنِيَتْ منها الأهرام نفسها .

(٢) قبيلة الاسفنجيات : وتضم هذه القبيلة أبسط أصناف الحيوانات

العديدة الخلايا ، والشكل الأساسي للحيوان مثل اثناء الزهر ، وجدرانه تحمل ثقوباً دقيقة يمتص خلالها تياراً من الماء الى داخل الحيوان بواسطة الحركة الدائمة لأهداب تبطن الدّاخل . ويُطرَدُ الماء الى الخارج عن طريق الفتحة العليا بعد أن يحصل الحيوان منه على أيّة مواد غذائية عالقة به . ويُدعّم جدران الحيوان هيكل قد يكون من مادة جلدية أو من أشواك دقيقة ككسبية أو سليكية . وهذه الحيوانات بحرية قاعية أي تعيش ملتصقة بالقاع ، شكل (١٨ - >) .

(٣) قبيلة الجوفمعيّات : هذه حيوانات عديدة الخلايا أرقى

قليلا من الاسفنجيات وتتميز بوجود حلقة من اللوامس حول الفم أو الفتحة العليا ، وأكثر أمثلتها شُبوعاً وألفّة الطائفة التي ينتمى إليها حيوان الهيدراً وكذلك طائفة المرجانيات التي تسمى أحياناً بالحيوانات الزهرية أو الأنثوزوا . والأخيرة جوفمعيّات تفرز هيكلاً جديراً صلباً خارج جدار الجسم ، ومن ثمّ فهي شائعة كثيراً بين الحفريات . والشكل العام للحيوان في العادة يكون في هيئة الكأس أو الفنجّان ، وينقسم فراغ الفنجّان من الداخل بواسطة مجموعة من الحواجز الرأسية الشعاعية وكذلك مجموعة من الحواجز الأفقية المتعاقبة . وغالباً ما يربط الحواجز الرأسية عند ملتقاها في المركز عمود جري .

وتعيش بعض المرجان كفراد مستقلة أو في هيئة مستعمرات ، وهي حيوانات بحرية وكثيراً ما تُكوّن تجمّعات هائلة ممتدة بالقرب من الشواطئ تسمى الشّعاب المرجانية .



(أ)



(ب)



(ج)



(د)



(هـ)



(و)

شكل (٨)

(١) صدفة حيوان أولى (فورامينفرا) •

(ب) صدفة حيوان أولى (راديولاريا) •

(ج) قطاع طولى فى اسفنج • (د) هيكل حيوان المرجان •

(هـ) قطاع عرضى فى مرجان رباعى يبين الحواجز الأربعة الأساسية •

(و) أفراد فى مستعمرة لمرجان سداسى يبين الحواجز الستة الأمامية •

وتتقسم طائفة المرجانيات الى عدة مجموعات ، ولكن أهمها من
الناحية الجيولوجية مجموعتان مشهورتان بحفرياتهما الهامة المفيدة فى
التأريخ الجيولوجي وهما :

(١) المرجانيات الرباعية • (٢) المرجانيات السداسية • ونمثال
الأولى بالتقسيم فراغها طوليا بواسطة أربعة حواجز أساسية • شكل

(٨ هـ) ، وهى مجموعة بائدة ظهرت فى الأزمان القديمة من التاريخ الجيولوجى ، بينما الثانية تمتاز بانقسام فراغها طويلا بواسطة ستة حواجز أساسية شكل (٨ - و) وقد ظهرت فى أزمنة تالية بعد انقراض المرجانيات الرباعية تماما .

وهناك مجموعة مُشَوَّقة من الجوفمويات البائدة الغريبة تسمى الجرابتوليتات وهذه حيوانات بحرية صغيرة الحجم كانت تعيش فى مستعمرات من عدد من الأفراد يشبه الواحد منها حيوان الهيدراً شَبَهاً ظاهرياً ، ويتكوّن من كأس صغير مخروطى الشكل ، وتتصل كل مجموعة من هذه الأفراد مع بعضها البعض بواسطة قناة مشتركة مكوّنة قنّراً . وقد تتكون المستعمرة من فرع واحد أو من عدة أفرع ، وقد تتصل الأفرع من أحد أطرافها بتركيب متفخخ يُشَبِّه المِوَامَة ، كما أن فروع المستعمرات الجرابتوليتية قد تحمل صفّاً واحداً أو صفين من الأفراد أو أكثر من ذلك ، شكل (٩) . والجرابتوليتات حيوانات بائدة كانت مزدهرة فى عصور جيولوجية قديمة جداً وبادت عن آخرها قبل نهاية الثلاث الأوتل من السجل الجيولوجى الحاوى للحفريات . وكانت واسعة الانتشار فى جميع بحار العالم فى ذلك الوقت ، ولهذا فهى من الحفريات المرشدة الممتازة لذلك الجزء من الزمن الجيولوجى .

(٤) قبيلة الجِلْدِ شوكيّات : هى من الحيوانات ذات الجلد المكسّى بالأشواك ، الذى يحيط بهيكل صلب فى هيئة ورقة مكوّنة من عدد كبير من الألواح الجيرية . والجلد شوكيات كلّها حيوانات بحرية ، وتنقسم القبيلة أساساً الى قسمين كبيرين :

أ - الجلد شوكيات الجالسة : ومن أمثلتها النموذجية الحيوانات المعروفة بزنايق البحر أو طائفة الكرينويديا ، وهذه درّقتها تشبه الكأس وتلتصق بقاع البحر بواسطة ساق مكوّنة من أقراص جيرية ، وينفرع من أعلى الكأس خمسة أذرع أو عشرة تتكون من عظميات جيرية كذلك . وزنايق البحر حين توجد فى الحالة الحفرية تسمى



(٥)



(٦)



(٧) (٨)



(٩)



(١٠)

شكل (٩)

(أشكال مختلفة من مستعمرات الجراثيم)

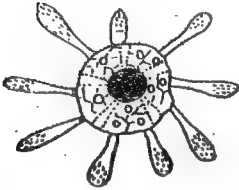
الزئابق الحجرية ، وقد كانت أكثر شيوعاً في الأزمنة الجيولوجية القديمة منها في الأزمنة الحديثة شكل (١٠ - ٩) .

ب - الجلد شوكتيات الهائمة : ومن أمثلتها قنافذ البحر أو طائفة

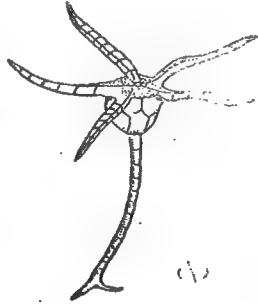
الايكينويدية ودرفتها كروية أو نصف كروية وكثيراً ما تتخذ شكل القلب وعندئذ تسمى القنافذ القلبية البحرية . وتكون الدقة من عشرين صف طولى من الألواح الجيرية المرتبة فى مجموعات زوجية ؛ وهناك نوعان من أزواج الصفوف : خمسة أزواج ضيقة ذات ألواح مُقَبَّبة ، فى كل لوح زوج من القلوب ، وخمسة أزواج أخرى من الصفوف

مُسْبَدَلَةٌ مِمَّهَا ، وَالرَّوَاكِحَا عَرِيضَةٌ وَغَيْرُ مُتَقَبَّةٍ وَفِي الْغَالِبِ تَحْمِيلُ بَرُوزَاتٍ
وَاضِحَةٍ مِنْ أَمَاكِنِ التَّصَاقِ الْأَشْوَاكِ . وَهَذِهِ الْأَشْوَاكُ قَدْ تَكُونُ دَقِيقَةً
أَوْ غَلِيظَةً ، وَفِي الْحَالَةِ الْأَخِيرَةِ تَسْمَى الْقُضْبَانُ الْهَيْكَلِيَّةُ ، شَكْلُ (١٠) -
ب ، ج ، د) .

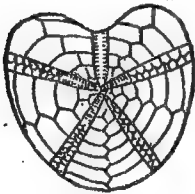
وَالْقَنَافِذُ الْبَحْرِيَّةُ لَا تَلْتَصِقُ بِالْأَرْضِيَّةِ ، وَتَعِيشُ هَائِمَةً أَمَّا سَابِغَةٌ
أَوْ زَاهِفَةٌ فَوْقَ الطِّينِ . وَحَفْرِيَّاتُهَا يَمُكِّسُ الزَّنَابِقُ الْبَحْرِيَّةُ أَكْثَرَ شَيْعُوا فِي
الْأَزْمَنَةِ الْجِبُولُوجِيَّةِ الْأَخِيرَةِ مِنْهَا فِي الْأَزْمَنَةِ الْقَدِيمَةِ .



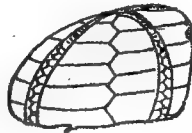
(ب)



(ج)



(د)



(هـ)

الشكل (١٠)

١ من زليلي بحري ؛ من الجلد شوكيات الجلدية ؛
٢ من شنفذ بحري منتظم الشكل ؛ من الجلد شوكيات الهائبة ، لاحظ القطبان
الميكسية على الدرفة ؛
٣ من شنفذ بحري غير منتظم الشكل ، منظر جانبي ومنظر علوي على الترتيب ؛

(٥) قبيلة المِسْرَجِيَّات : هذه القبيلة تَصْمُ حيوانات رَخْوَة يوجد

جسمها داخل هيكل جبرى عادة مكون من جزئين ، وكل جزء منها فى هيئة المصراع ، أى أنَّ الصَّدَقَةَ هنا ذات مصراعين ، ويمتازُ أحدُ المصراعين بمنقارٍ ظاهرٍ غالباً ما يكون مقوّفاً قليلاً . وهذا المصراع يسمى المصراع العنقى ، اذ أنَّ طرفه به ثقب يخرج منه عتقٌ لَحْمِيٌّ يلتصق به الحيوان بالأرضية التى يعيش عليها ، شكل (١١ - أ ، ب) ، ويتلاقى مصراعا الصدفة عند هذه الناحية العنقية ، وقد يتصلان بمجرد غشاء جلدى ، كما فى حالة المِسرَجِيَّات غير المَعَشَقَةِ ، أو بواسطة أسنان تبرز من حافة المصراع العنقى وتَعَشِّقُ فى نُقَرٍ مُقَابِلَةٍ لها فى حافة المصراع الآخر ، كما فى المِسرَجِيَّات المَعَشَقَةِ . ويسمى المصراع الذى تَعَشِّقُ فيه أسنان المصراع العنقى بالمصراع المَضْدَى . نسبة الى وجود هيكل غريب الشكل فى داخله يَكُونُ أحياناً فى شكل زوج من البروزات أو فى شكل حلقة مَطْوِيَةٍ من الجِبر ، شكل (١١ - أ ، ب) ، أو زوج من الحلزونات المَقْرُوطِيَةِ ، ويسمى هذا الهيكل بالهيكل المَضْدَى .

والمِسرَجِيَّات كلها حيوانات بحرية قاعيةٌ جالسةٌ . وهى شائعةٌ كحفريات هامة فى كل الأزمنة الجيولوجية ، ومنها عائلاتٌ وأجناسٌ تنتمى إليها حفريات مرشدة مميزة لمصور جيولوجية بينها سيأتى ذكرها فيما بعد عند دراسة التقسيم الزمنى للحقب والمصور الجيولوجية .

(٦) قبيلة الرَخْوِيَّات : هذه هى الحيوانات الرخوة الحقيقية مثل

القواقع والمحارات . وأجسامها الرخوة محاطةٌ بصدقةٍ من الجبرٍ قد تكون مَكُونَةً من مصراع واحدٍ حلزوني الشكل عادةً أو مخروطي الشكل أحياناً أو فى أشكال أخرى . وقد تكون ذات مصراعين ، كما فى حالة المحسارات . والرخويات تُكوِّنُ قبيلةً كبيرةً جداً ومنها أشكالٌ بحريةٌ ونهريةٌ وبريةٌ ومنهما الهائِسةُ والجالِسةُ والقاعيةُ الرَّاحِلَةُ أو الحافرةُ .

وتنقسم هذه القبيلة الكبيرة أساساً الى ثلاث طوائف هى :
أ - المَحَارِيَّات ، ب - المَقْرُوعِيَّات ، ج - الرَأْسَقَاتِ مِتَّارُ

(أ) طائفة المَحَارِيَّات : وهذه هي الرخويات ذات المصراعين ،

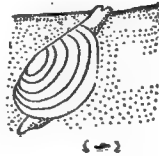
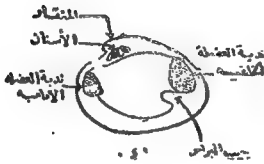
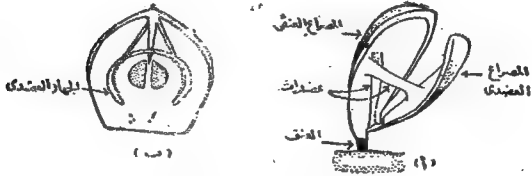
وتشبه صدفتها في ذلك صدفة المِسرَجِيَّات شَبْهاً ظاهرياً ، إذ أنَّ المِصرَاعَيْنِ هنا متساويين ، وأحدها فقط له منقارٌ ظاهرٌ بمِكَس المِسرَجِيَّات فهما غير متساويين ، وأحدها فقط له منقار وفتحة لخروج العنق أو عضو التثبيت ، وهذا غير موجود في المِحراريَّات . ويرتبط المِصرَاعان في المِحراريَّات أيضاً عند الطرف المتقاربي بواسطة غشاء جلديّ وعدد متفاوت من الأسنان في كل مصراع تَعَشَّقُ في نَقَرٍ في المِصرَاعِ المِقابِل . كما أنَّ المِصرَاعَيْنِ يرتبطان كذلك من الداخل بزواج من العضلات تمتد كل عضلة بِعَرَضِ الصدفة من باطن مصراع إلى باطن الآخر . واحدى هذه العضلات أماميةٌ وصغيرةٌ والأخرى خلفيةٌ وكبيرة . وكما في حالة المِسرَجِيَّات تبدو لهما نُدْبٌ في داخل الصدفة تَبِينُ أَمَاكِنَ التِصَاقِ بهما ، وتَبْدُو التَّدْبَةُ الأماميةُ صغيرةٌ والخلفيةُ كبيرةٌ . ومن ذلك يُمْكِنُ تَمييزُ الجزء الأمامي للصدفة والجزء الخلفي ، ومن ثَمَّ المِصرَاعُ الأيمن والمِصرَاعُ الأيسر ، شكل (١١ - ج ، د) .

وتُحاطُ الأَجْزَاءُ الرخوة للحيوان من الداخل بغشاء جلدي يسمى البُرْنُسُ ، وهذا يظهر مكان التِصَاقِ حافته الخارجية بباطن الصدفة قرب حافتي المِصرَاعَيْنِ في هيئة خطٍّ يصل بين نُدْبَتَيْ العضلات . ويكون لهذا الخطُّ عادةً التواءٌ جَيْبِيٌّ عند مُؤَخَّرَتِهِ يسمى جَيْبُ البُرْنُسِ ، ويبين مكان جهاز داخلي يسمى الزَّرَّاقُ ، وهو زوجٌ من الأنايب أحدهما تَمْتَصُ الماء بحركة شبيهة والأخرى تطرده بحركة زفيرية . والمِحراريَّات من أكثر الحيوانات وجوداً في هيئة حفريات في كل العصور الجيولوجية ، ولكنها كانت أكثر شيوعاً في الأزمنة الجيولوجية المتأخرة عنها في الأزمنة المتقدمة . ومنها عائلاتٌ وأجناسٌ كثيرة تميز عِصْوَراً جيولوجيةً مُعيَّنة وتستخدم كحفريات مرشدة .

ب - طائفة القوقيات : هذه رخويات أصدافها وحيدة المِصرَاعِ الذي

الذي يتخذ الشكل الحلزونيّ ، شكل (١١ - هـ ، و) ، ويحمل زخرفةً معقدةً غالباً في هيئة بروزات وضلوع قد تكون طولية أو عرضية من كلاً

النوعين • وتتميز صدفة القواقع بأن فراغها غير مقسّم الى حجرات أي أنه لا توجد به حواجز طولية أو مستعرضة • والقواقع واسعة الانتشار كحفريات في صخور كل الأزمنة الجيولوجية وخاصة الأزمنة المتأخرة منها •



شكل (١١)

- أ - صدف مسرجية تبين المصراعين والعضلات وعنق التثبيت .
- ب - منظر داخلي للمصراع العضدي لمسرجية ويبين الجهاز العضدي .
- ج - صدف محلرة حلقرة .
- د - المصراع الأيمن لصدف بحارة .
- هـ - صدف قوقع (يلاحظ الالتفاف الحلزوني للصدف) .
- و - صدف لقوقع وبها الحيوان .

(ج) طائفة الرأسقد مبيئات : هذه طائفة هامة تتبعها عائلات وأجناس

كبيرة منقرضة ، وكانت لها أهميتها الكبرى بين الكائنات الحيوانية في
الصور الجيولوجية القديمة ، وهي ليست ممثلة الآن إلاّ بعدد قليل من
الأجناس والأنواع التي تتبع بعض أقسامها فقط . والصدفة هنا وحيدة
الآن أن أهم ما يميزها عن صدفة القوقيات هي انقسامها عرضياً بواسطة
المصراع مخروطية أو حلزونية الشكل أو في أشكال التفافية مختلفة ،
الآن أن أهم ما يميزها عن صدفة القوقيات هي انقسامها عرضياً بواسطة
عدد من الحواجز الى حجرات متعاقبة . وأهم أقسام هذه الطائفة :

أ - التوتيات ، ب - الأمونيات ، ج - الليمينيات .

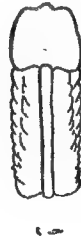
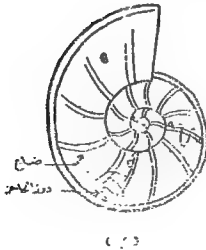
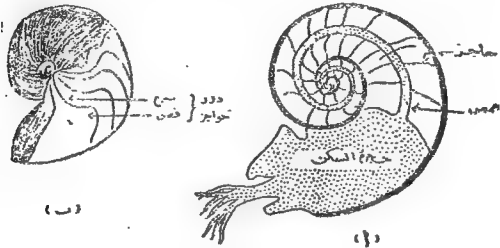
(١) التوتيات : وهذه الرتبة ممثلة في العصر الحاضر بجنس واحد

فقط هو جنس نوتيلوس اللؤلؤي ، وصدفته حلزونية في مستوى
واحد ، والتفافها مشدود ، أي أن كل لفّة تحيط اللفة التي قبلها
وتخفيها تماماً أو تقريباً بحيث لا يظهر في الخارج إلاّ اللفة الأخيرة فقط .
والصدفة مقسمة بواسطة حواجز عرضية الى عدد من الحجرات تزايد في
السمة نحو فتحة الصدفة ، والحجرة الأخيرة هي أكبر الحجرات ويسكنها
الحيوان في حالة الحياة وتسمى بحجرة السكن . وجسم الحيوان متصل
من مؤخرته بجبل لحمي طويل يخترق الحواجز العرضية ويمر بجميع
الحجرات حتى ينتهي بالحجرة الأولى ويسمى هذا الجبل بالمصّص .
والحواجز في التوتيات مستوية أو متموجة قليلاً ، وتبدأ خطوط التحامها
بالجدار الداخلي للصدفة في شكل خطوط اما مستقيمة أو متموجة حسب
شكل الحواجز ، شكل (١٢ - ب) وبين شكل (١٢ - أ) قطاعاً طولياً في
نوتى لتوضيح التركيب الداخلي .

ب - الأمونيات : هذه الرتبة بائدة تماماً ولا يُعرف منها أي

ممثلون بين الأحياء الحديثة ويُعتقد أن الحيوان كان شديد الشبه
بحيوان النوتيلوس الحالي . كما أن الشبه بين صدفة الأمونيات والتوتيات
كبيرة فيما عدا موقع المصّص وشكل الدرّز . فالمصّص في الأمونيات
موقعه بالقرب من الحافة البطنية (أي الخارجية) للصدفة ، بينما هو في

النوتيات يتوسط الحواجز (أى مركبى) ونادراً ما يكون بين مراكز الحواجز والحافة الظهرية (أى الداخلية) للصدفة . أما دروز الصدفة فى الأمونيات فهى أكثر تعقيداً وتعرجاً منها فى النوتيات ، وهى فى حالتها النموذجية تتكون من عدد من الانثناءات الشديدة المشرشرة ، شكل (١٧) ، وتسمى الانثناءات البارزة نحو فتحة الصدفة بالسُرُوج ، أما المنخفضات المتبادلة معها فتسمى بالفصوص ، شكل (١٤ - ح ، د) .



شكل (١٧)

١ : قطاع طولى فى صدفة حيوان نوتى .

ب - صدفة فارغة لحيوان نوتى ، لاحظ خطوط الدرز المتموجة على جدار الصدفة
 ح ، د : منظران لصدفة أمونيت فى «د» خطوط الدرز الحواجز الأمونى المشرشرة .

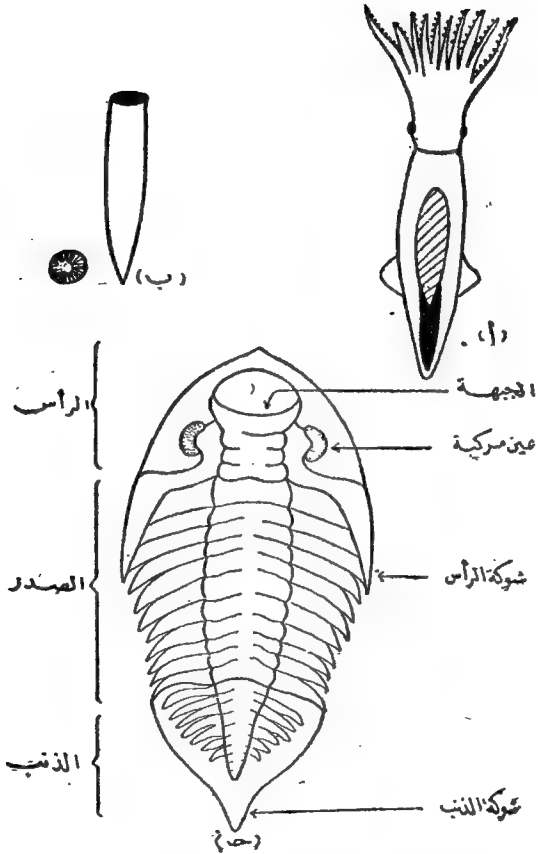
وقد لا حظنا في النوتيات أن عدد السُّروجِ والفصوص أقل ،
وأنها إذا وُجِدَت فهي ملساء غير مُشْرِشَرَةٍ .

وهناك فرق آخر بين صدفَة الأُمُونِيَّات والنوتيات يجدر بنا الإشارة
إليه ، وهو أن الصدفَة في النوتيات تكون ملساء من الخارج تماماً أو تقريباً ،
بينما هي في الأُمُونِيَّات تكون في العادة مزخرفة بزخرفة جميلة معقدة
من الأضلاع والعقد والأشواك أحياناً .

وقبل أن نترك الرأسقدميات يجدر بنا الإشارة الى مجموعة غريبة
بائدة أيضاً وصغيرة نوعاً تتبع رتبةً ثالثة منها تسمى ثنائيات
الخيائسيم ، وهذه المجموعة هي البلمنيَّات . وحفريات البلمنيَّات
تتكون من أجسام جيرية أسطوانية الشكل ذات طرفٍ مدببٍ وطرفٍ
بعرض الأسطوانة تشبه عموماً السِّجَّار أو رصاصة المدفع . والطرف
المرئى به منخفض مخروطي الشكل يملؤه في حالة الحفريات الكاملة
مخروط آخر مجوف يمتد من جانب من جداره تركيب جيري يشبه في
شكله لباسة الحذاء ، أو عظمة حيوان السَّبَّيط التي نألف وجودها
على الشواطئ ، شكل (١٣ - أ ، ب) . وقد دلت الدراسات الدقيقة ومقارنة
هذه العظمة بعظمة السبب والسيط والأخطبوط كلها
تنقسم تحت لواء رتبة واحدة من الرأسقدميات هي ثنائية الخيائسيم .

(٧) قيلة مفصليَّات الأقدام :

هذه هي القيلة التي تضم الحيوانات اللافقارية ذات الجسم المكوّن
من عُقَلٍ متتابعة والذي ينقسم أساساً الى ثلاثة أجزاء رئيسية هي :
الرأس والصدر والبطن أو الذئب ، كما أن لها - وخاصة في منطقة
الصدر - أطرافاً مفصليّة في هيئة أقدام . والجسم مُغطى بغطاء من
الكيتين الذي قد يكون في بعض الأحوال مُشْرِباً بمادة الجير . وأشهر
الأشكال التي تتبع هذه القيلة هي الحشرات والعناكب والجَمَبَرِي
وما يشابهها . وتنقسم القيلة الى خمس طوائف هي :



(شكل ١٣)

- ١ - تصور للمظهر العام لحيوان البلهنيت . ب - صفة البلهنيت وقطاع عرض .
ج - الأجزاء المختلفة في جسم التريلوبيت .

(١) القشريات : وهي حيوانات مائية ، ومنها الجمبرى والسّرطان البحرى وحيوانات بائدة أخرى .

(٢) المخلّيات .

(٣) عديدة الأرجل : ومنها ذات المائة رجلٍ وغيرها .

(٤) الحشرات .

(٥) العنكبّيات : وهي حيوانات ، أرضية وتشمل العناكب والعقارب ، وكان منها قسم مائي منقرض يُسمّى العقارب البحرية .

والطافتان اللتان لهما أهمية كبيرة من الناحية الجيولوجية هما القشريات والمنكيات ، وذلك لأنه يتبع كلا منهما رتبة من الحيوانات البائدة التى انقرضت منذ زمن طويل وتُعيّن الصخور القديمة . وهاتان الرتبتان هما :

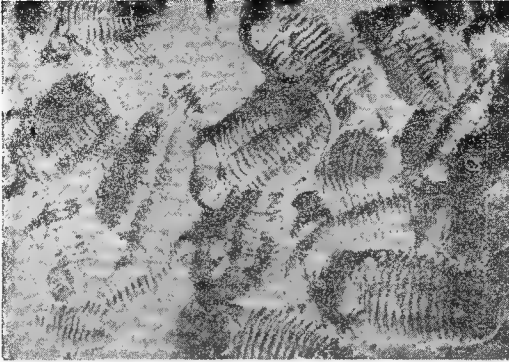
(١) التربلوبيات أو ثلاثية الفصوص (Trilobita)

(٢) اليوربيريديات أو العقارب البحرية (Europterida)

رتبة التريلوبيات

(ثلاثية الفصوص)

هذه مجموعة من القشريات البائدة التى عاشت فى أقدم عصور الحياة . وكما يدلّ وسماها فالجسم مقسم فيها الى ثلاثة أقسام عرضاً وطولاً ، شكل (١٤) ، والتقسيم العرضى هو الرأس والصدر والذنب ، ويتكون كل منها من عقْل متّالية ، وفى نفس الوقت تنقسم هذه العقْل طولياً الى ثلاثة أقسام ، فيصدّ الجسم وكأنه منقسم طولياً الى قسم وسطيّ ومنطقتان جانبيتان ، والشكل (١٣ - ج) يمثل جنساً نموذجياً من ثلاثيات الفصوص ، ويلاحظ فيه وجود الأعين المركّبة فى الرأس ووجود شوكتين طويلتين فى الزاويتين الخلفيتين للرأس ، وكذلك شوكة تمتدّ من الذنب الى الخلف .



شكل (١٤)

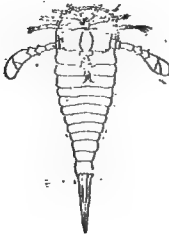
(حفريات التريلوبيت (ثلاثية الفصوص))

رتبة البوريتريدات

(العقارب البحرية)

وهي أنواعٌ بائدةٌ من العنكبيات تشبه في شكلها العام العقاربَ ولكنها كانت حيوانات بحرية • وتمتاز هذه الحيوانات بأنَّ العقلَ الأماميةَ من الجسم مُنْضَغَمَةٌ في بعضها البعض ومُكوَّنةٌ جزءاً واحداً يُسمَّى الرأسُ الصدري ، وهو يمثل الرأس والصدر في بقية مفصليات الأقدام ، ويغطَّى بقشرةٍ سميكةٍ تسمى الدَّرَقَةُ • وهذه المنطقة أو الرأس الصدري يحمل عادةً ستة أزواج من الزوائد العقلية منها زوج واحد فقط أمام الفم وأحد أزواج الزوائد التي خلف الفم يكون عادةً كبيراً بشكلٍ ملحوظٍ ، وعقله الطرفية متضخمة • ويسمى باقي الجسم بالجذع ، ويتكون عادةً من عَشْرٍ عَقْلٍ أو أكثر • وتحمل

العقلة الأخيرة شوكة طويلة قوية أو زوجاً من الزوائد الصفحية الشكل ، شكلي (١٥ ، ١٦) •



شكل (١٦)



شكل (١٥)

(يوريبتروس (عقرب بحرى)) (بريبجوتوس (عقرب بحرى))

٨ - قبيلة الجبليات

هذه هي الحيوانات ذات الجبل الظهرى الممتد من قمة الرأس الى طرف الذيل ، وهو محاط في كل أفراد هذه القبيلة فيما عدا بعض الأنواع الدنيئة جداً بأنبوبة عظيمة مكونة من فقرات الواحدة تلو الأخرى ، وهذه الأنبوبة الفقارية هي التي تسمى العמוד الفقري أو العמוד الظهرى •

ويكوّن الجزء الأكبر من أفراد هذه القبيلة من ذوى العמוד الفقرى طائفة الفقاريات •

وتنقسم هذه الطائفة الى أربع طويّفات هي :

(١) الأسماك •

(٢) البرمائيات (القواذب) •

(٣) الزواحف •

(٤) الثدييات (اللَّبُونَات) •

والأسماك : وُجِدَتْ حفرياتها منذ أقدم العصور الجيولوجية ، ولكن الأصناف البدائية منها كانت من الأسماك ذات الدَّرَقَة الخارجة المكونة من ألواح عظمية • وتسمى هذه الأسماك البدائية بالأسماك المدرَّعة ، وأصنافها الأكثر بدائية لم يكن لها فكوك عظمية بعد • ثم اختفت هذه الأسماك وتطورت عنها الأسماك الحديثة ذات الزعانف الحقيقية والقشور •

أما البرمائيات (القوارب) : فهي الفقاريات التي تتراوح حياتها بين الماء والبر ، ولذلك فهي تسمى أحياناً بالمتَرَ أَوْحَة أو البرمائيات • ومن أمثلتها النموذجية في العصر الحديث الضفادع والسَّمْنَدَر ، ولكنها كانت أكبر شأناً في العصور الجيولوجية القديمة ، وقد بلغت أصناف كثيرة منها في أوجِ عصورها أحجاماً كبيرة جداً وصلت الى مترين أو ثلاثة في الطول •

والزواحف : هي أولى الحيوانات الفقارية التي كَيْفَتْ أجسامها وأجهزتها الحيوية للمعيشة الدائمة على البر ، وجلدها مغطى بالحراشيف ، ومن أمثلتها النموذجية الحيَّة الآن السحالي والتماسيح • وهي الآن أقلُّ انتشاراً بكثيرٍ منها في الماضي ، وقد كان لها شأنٌ كبير جداً في العصور الجيولوجية الوسطى حتى سميت هذه العصور بعهد الزواحف الكبرى • وفي هذه العصور بلغت مجموعة منها تسمى بالدينصورات *Dinosaurs* أحجاماً خيالية ، فوصل طول بعضها الى الثلاثين متراً ووزنه الى الخمسين طناً ، بينما تُعرَفُ بعض حفريات لآثار أقدام صُنِفَ مَجْهُولٍ منها بلغ طول قدمه ١٥٠ سنتيمتراً • والزواحف في العصور الجيولوجية الوسطى لم تتميز فقط بهذه الأحجام الكبيرة ولكنها تمتاز كذلك بالكَفِّف لكل

نباتات المعيشة أيضاً ، فقد كان منها ما يسكن المستنقعات والصحارى ، ومنها ما يعيش فى البحر مثل ما تعيش الأسماك والحيات الآن ، ومنها ما كان يطير فى الهواء مثل ما تطير الخفافيش . ولكن هذه الزواحف الكبرى انقرضت كلها مع نهاية حقبة الحياة الوسطى ولم تبق الا الأصناف التى نعرفها الآن .

والثدييات : لم تظهر حفرياتها الا بعد اختفاء تلك الزواحف وانقضاء عهد ها ، وهى حيوانات معروفة تمتاز بأنها تلد وترضع صغارها ، وقد تطورت هى الأخرى تطوراً كبيراً وتكيفت لكل البيئات وحلّت محل الزواحف فيها ، وبلغت عصرها الذهبى فى عصور الحياة الحديثة ، ومنها الانسان والقرود وهذان يكوّنان قسماً هاماً من الثدييات يسمى الرئيسيات ، والتى لها الشأن الأعظم الآن بين جميع الكائنات .

وسنعرض وصفاً وتوضيحاً أكثر تفصيلاً لبعض الأجناس الهامة من كل هذه الأقسام من الفقاريات عندما نتناول الخصائص الحفرية للحقبة والمصور .

المملكة النباتية

تنقسم المملكة النباتية الى الأقسام الرئيسية الآتية :

(١) الطحالب : وتشمل الأعشاب البحرية وهى نباتات بدائية ليس لها جذور أو سوق أو أوراق . وبعضها يفرز هياكل عن كربونات الكلسيوم .

(٢) السرخسيات : هذه نباتات لازهرية ولها جذور وسوق وأوراق كبيرة . ويتم التكاثر فيها بواسطة الجراثيم .

(٣) عاريات البذور : نباتات خشبية ذات حلقات سنوية وليس لها أغشية واقية للبذور ، وتشمل المخروطيات والسيكاديات .

(٤) كاسيات البذور : وهذه هي النباتات السائدة الآن والتي بها غطاءات واقية للبذور ، ومنها الحشائش والكافور والسنديان ومعظم النباتات المزهرة .

وسنذكر فيما بعد أسماء بعض الأجناس المشهورة التي تتبع هذه الأقسام في أماكن وجودها في الحقب والمصور المتأقبة .

الاستفادة من التغيرات التي طرأت على الحياة

في عمل السلم التاريخي الجيولوجي

ذكرنا في مقدمة هذا الباب أن الجيولوجيا التاريخية أو الطباقية تختص بدراسة التطور العضوي (الأحيائي) والتطور غير العضوي (البيئي والجغرافي) اللذين حدثا في الكرة الأرضية من وقت نشأتها حتى وقتنا هذا عبر ملايين السنين .

والواقع أن التطور الأحيائي مرتبط تمام الارتباط بالتطور الطبيعي وذلك للأسباب الآتية :

أولا : لأنه لولا التغير في ظروف البيئة الطبيعية التي يعيش فيها الكائن الحي لما كان هناك ما يسندعى تغيره وتطوره للاثم البيئة الجديدة .

ثانياً : لأنه لولا التطور الأحيائي في أشكال الأحياء وتركيبها وتنوعها بمرور الزمن لما سهل وضع تاريخ (سلم زمني) يؤرخ به التسلسل في الطور البيئي والجغرافي ، وذلك لأنه من المعروف أن كل علم تاريخي يحتاج الى تاريخ أو سلم زمني حتى يمكن تحديد أوقات حدوث الحوادث التي يدرسها المؤرخ .

فإذا جاز للشخص العادي أن يقول : « وقع الحادث منذ مدة من الزمن » فلا يجوز ذلك للشخص المدقق لأن هذا الأخير يقول : « وقع الحادث منذ خمسين عاماً » ، أما اذا كان أكثر تدقيقاً قال : « حصل

ذلك عام ١٩١٠ ميلادية ، • أما العالم المدقق الذى يدرس حوادث التاريخ
أى العالم التاريخى فيقول : • وقع الحادث المذكور فى اليوم الخامس من
شهر يونية عام ١٩١٠ ميلادية ، • واذ مكته المستندات التى بين يديه ذكر
الساعة بل الدقيقة فى ذلك اليوم •

أى أن العالم فى التاريخ قد استعان استعانة كاملة بذلك السلم أو
التاريخ الزمنى الذى يستعمله الانسان فى شئونه • ذلك التاريخ الذى بدأه
من يوم هجرة النبى (صلى الله عليه وسلم) فى التاريخ الهجرى ، أو من
مولد سيدنا عيسى عليه السلام فى التاريخ الميلادى ، ثم قَسَّمه الى أعوام
تبعاً لدورة الأرض حول الشمس ، وقسم الأعوام الى أيام تبعاً لدورة
الأرض حول نفسها ، ثم بعد ذلك قَسَّم اليوم الى أربع وعشرين ساعة عندما
اخترع أول ساعة زمنية (المزولة الشمسية ثم الساعة) •

ومن هذا نرى أن الانسان لكى يضع التاريخ أو السلم الزمنى الذى
" لاغنى عنه فى حياته اتبع النهج الآتى :

أولاً : اتخذ حادثاً هاماً ليبدأ به التاريخ صاعداً وهابطاً ، فهو يقول
عام كذا قبل الميلاد وعام كذا بعد الميلاد •

ثانياً : استعان بمشاهدات أمكنه ملاحظتها لتقسيم الفترة الزمنية التى
حدد بدءا الحادث الهام الى أجزاء •

ثالثاً : هذه التغيرات ما هى إلا تغيرات فى شئ ما ، مثل تغير موقع
الأرض كلها بالنسبة للشمس ، أو تغير موقع الشمس بالنسبة الى مكان
ما على سطح الأرض ، فالتغير الأول يحدد العام ، والتغير الثانى يُحدد
اليوم •

رابعاً : أنه كلما ازدادت قدرة الانسان على التمييز بين الفترات
الزمنية ، وقدرته فى تمييزها بازدياد مقدرة الفنى على ملاحظة تغيرات دقيقة
فى شئ ما ، أصبحت أقسام السلم الزمنى الذى يستعمله أصغر فأصغر •

ولتفسير هذه القطعة الأخيرة نذكر أنه قبل صنع الآلة الزمنية المعروفة الآن (أى الساعة) كان الناس يقسمون النهار الى وقت الشروق ووقت الظهر ووقت الغروب . ثم اخترع الانسان المِزْوَلة ، فقسم النهار الى ثمانية أجزاء ، ثم اخترع أوّل ساعة ، فقسم اليوم الى أربع وعشرين ساعة ، وبازدياد دقته فى صنع الساعات واختراعه لعقرب الدقائق قسم الساعة الى دقائق ثم الى ثوان . وبازدياد القدرة الفنية للانسان وتمكّنه من اختراع الآلات الاليكترونية أمكنه أن يقسم الثانية الى ألف جزء أو أكثر .

أى أنه كلما ازدادت قدرته على تسجيل تَغْيِرات فى شىء ما (تغير موقع عقارب الساعة ، ثم تغير فى ذبذبات الاليكترونات) زادت قدرته على تقسيم السلم الزمنى الذى يستعمله الى أجزاء أصغر فأصغر .

وهكذا كان الحال فى وضع السلم الزمنى أو التاريخ الجيولوجى ، فقد كان فى الواقع قصة ممتعة بدأ من مشاهدين أساسيتين ذكرناهما آنفاً ، بل فى الواقع كانت ثلاث مشاهدات :

المشاهدة الأولى : هى قانون تناوب الطبقات الذى وضعه وليم سميث ، وقد ذكرنا شيئاً عنه فى أول هذا الباب .

المشاهدة الثانية : هى تمييز الطبقات من محتوياتها الحفرية وقد ذكرنا ذلك آنفاً .

أما المشاهدة الثالثة : فقد لاحظها الجيولوجيون بعد ذلك بعدة أعوام ، وهى أنه : « دلت الدراسات فى أنحاء كثيرة من العالم أن هناك طبقات لم يوجد بها حتى الآن أى أثر أو بقايا للأحياء ، وأنها تقع أسفل جميع الطبقات الأخرى التى بها حفريات » .

وقد استنتجنا من هذه المشاهدة الأخيرة أن هذه الطبقات التى لم يوجد بها بقايا أحياء ترميت قبل نشوء الحياة على الأرض (أو على الأقل قبل أن

تَمَكَّنَ الأحياء من بناء هيكل غير عَضْوِي يمكن أن يُحَفَظَ في
الرواسب في هَيْئَةِ حَفْرِيَّاتٍ •

وقد استعان الجيولوجيون بهذه المشاهدة الأخيرة لتكون أساساً
يُبْنَى عليه السلم الزمني • فالحدثُ الهَامُّ الذي بدأ الجيولوجي به
تاريخه هو :

أول ظهور أنواع للحياة على الأرض تَرَكَّتْ بَقَايَا حَفْرِيَّة :

وَقَسَّمُ الزمان الجيولوجي الى جزئين كبيرين الأول سَمَّاهُ « ما قبل
ظهور الحياة » والثاني سماه « ما بعد ظهور الحياة » •

ولما كانت أقدم الصخور التي ظهرت فيها بقايا الأحياء قد درست
لأول مرة في منطقة تسمى كَمْبَرِيَّاً في بريطانيا وسمى عصرها باسم
الكمبري ، فقد سميت تلك الحقبة من تاريخ العالم التي لم تظهر فيها الحياة
: « قبل الكمبري » •

وقد استعان بالمشاهدة الثانية (كما سنرى فيما بعد) على تقسيم ذلك
الجزء من تاريخ الكرة الأرضية التالي لظهور الحياة ، أما ذلك الجزء من
تاريخ الكرة الأرضية السابق لظهور الحياة ، فقد كان من الصعب تقسيمه ،
وما زالت الآراء متضاربة في هذه الناحية ، ولم تَمَكَّنْ حتى الآن من
وضع تاريخ له ينطبق على الكرة الأرضية كلها •

وقد يتساءل البعض لماذا لم يستعمل الجيولوجيون التاريخ العسادي
الهجري أو الميلادي في الجيولوجيا التاريخية •

الواقع أنَّ ذلك كان مُسَكِّناً لو أنَّ الأزمان الجيولوجية تقاس بالآلاف
السنين أو حتى مئات الآلاف من السنين ، ولكن لو علم السائل أنَّ ذلك
الجزء من تاريخ الأرض الذي تَلَمَّى ظهور الحياة قد قُدِّرَ بحوالي ٥٠٠

مليون عام ، وأنه قد مضى حوالى ٢٠٠٠ مليون (ألفى مليون) عام منذ تصلب قشرة الكرة الأرضية لما كان تساؤلُه السابق ، بل لكان سؤاله :

كيف أمكن تقدير عُمر الأرض ؟

كيف أمكن قياس هذه الفترة الطويلة الهائلة من الزمن ؟

ولكى نجيب على هذا السؤال نقول انه قد استعملت قديماً عدة طرق لعمل تقدير تقريبي لعُمر الأرض ، مثل طريقة تقدير سمك الطبقات التى ترسبت على سطح الأرض ، وطريقة تقدير الأملاح الذائبة فى البحار ، ولكن قد استُخدمت أخيراً طريقة دقيقة جداً لتقدير عمر الأرض ، وذلك بالاستئانة بخاصية الاشعاع الذرى وتُسمى طريقة اليورانيوم لتقدير عمر الأرض .

(١) طريقة قياس سمك الطبقات : تعتمد هذه الطريقة على اضافة

أكبر سمك للطبقات المختلفة المتأبئة فى كل عصر من المصور الجيولوجية الى بعضها ، ويكون المجموع هو السمك الكلى لجميع الطبقات الرسوبية فى الزمن الجيولوجى كله . فاذا قُسمَ هذا السمك الكلى على مُعدل سرعة الترسيب فى العام الواحد فى الوقت الحاضر فإن العدد الناتج من القسمة يمكن أن يُنظرَ اليه كطول الزمن الجيولوجى بالسنين .

ولكن هناك من الاعتبارات العديدة ما يجعل مثل هذا الحساب لا معنى له . كيف نصل الى حساب متوسط سرعة الترسيب للطبقات المختلفة فى السنة ونحن نعلم أن ترسيب طبقة من الطين يبلغ سمكها أقل من عشرين ميللترًا يستغرق قرناً من الزمان ، بينما عاصفة صحراوية عاتية قد ترسب عشرة أمتار من الحصى والرمل فى ليلة واحدة ؟ وكيف نقيس الزمن الذى يستغرق فى حت الرواسب البحرية وعدم ترسيبها ، عندما نعرف أن زويزة بحرية واحدة قد تزيل من قاع البحر ما تراكم فيه فى سنين عدة

وربما كومت رمالا على شاطئ قريب أكثر مما ترسَّب في عشرات
السنين الماضية ؟

وبالاختصار إنَّ سرعة الترسيب تختلف كثيرا ، وما قيس منها قليل ،
حتى أن الحصول على متوسط لسرعة الترسيب في السنة الواحدة يعتبر شيئا
من قيل التخمين .

(٢) طريقة قياس الملوحة وتقدير عمر المحيط : فكر أحد علماء

الجيولوجيا القدامى (للعالم الايرلندى بجولِي) تفكيرا رَزِينا للوصول الى
معرفة شيء عن عمر الأرض : قال إن الملح (كلوريد الصوديوم) في
البحار لا بد أن يكون قد انتقل إليها عن طريق الأنهار ، التي حصلت عليه
مع نواتج تحلل الصخور . ولقد تجمع معظم الملح في البحار ، إذ أن قليلا
منه قد حملته الرياح أو تراكم بالتبخير في البحيرات الصغيرة الموجودة في
الناطق الصحراوية أو في البحيرات الشاطئية المتصلة بالبحر . وعلى ذلك
فلا بد أن ملوحة المحيطات في ازدياد مستمر . فإذا قيسَت كمية الملح
الموجودة حاليا بالمحيطات وقُسِمَت على الزيادة السنوية في الملوحة فإنه
يمكن حساب عمر المحيطات . وقد أُخْتِير الصوديوم من بين العناصر
الأخرى المكونة للأملاح لحساب هذا العمر بهذه الطريقة (معظم أملاح
الصوديوم قابلة للذوبان في الماء) .

ولقد حُسِبَ حجم البحار والمحيطات حساباً تقريبياً من المعلومات
المعروفة عن عمقها ومساحتها ، كما حُسِبَ تركيبها الكيميائي من نتائج
التحاليل الكيميائية التي عُمِلَت لآلاف السنين من مياهها ، وعلى ذلك يُمكن
على وجه التقريب حساب كمية الصوديوم التي تحتويها مياه هذه البحار
والمحيطات . وبالمثل فإن لدينا آلاف التحاليل لمياه الأنهار ، ومن مقاييس
تَصَرُّف الأنهار عُرِفَت كمية المياه التي تنصرف سنوياً . ومن
هذه الأرقام حصل العالم جولى على تقدير تقريبي لمعدل الزيادة السنوية

في الصوديوم ، وبقسمة الكمية الأولى على الكمية الثانية وجد جُولى أن
عُمر المحيطات يساوى :

$$\frac{10627 \times 1210 \text{ طن من الصوديوم في المحيط}}{10727 \times 410 \text{ طن من الصوديوم تضاف سنوياً}} = 99.4 \text{ مليون سنة} .$$

وكان جُولى على علم بأن طريقة حسابه هذه لم تأخذ في الحسبان اعتبارات كثيرة وعوامل مختلفة . فمثلاً يحتمل أن يكون تَصَرُّفُ الأنهار غير ثابت على مَرَّ الزمن الجيولوجى . كذلك ليس جميع الصوديوم في الأنهار مصدره التحلل ، فبعضه منقول بالرياح من شواطئ البحار ، وكثير غيره نشأ عن ملح سبق أن ترسَّب من البحار القديمة ضمن الصخور التى تمر بها هذه الأنهار ، وعلى ذلك فإن معدل الزيادة السنوية للصوديوم فى الوقت الحاضر أكبر بكثير مما حدث فى الزمن الجيولوجى القديم . كم مرة أكبر ؟ لا يمكن المعرفة أو التأكد ، ولكن عند أخذ جميع العوامل والاعتبارات المختلفة يمكن الوصول الى أن عمر المحيطات أضغاف أضغاف الرقم الذى وصل اليه جُولى .

(٣) طريقة اليورانيوم ، (أو الساعة الذرية) : ان اكتشاف النشاط

الاشعاعى فى عام ١٨٩٨ فتح آفاقاً واسعة فى كل علم من العلوم . ومن نتائج هذا الاكتشاف بالنسبة لعلم الجيولوجيا تعيين بعض الأعمار الجيولوجية بوحدات ملايين السنين . تنقَّت (أو تحلل اشعاعياً) نواة ذرات عناصر قليلة - ومن بينها اليورانيوم والثوريوم - تلقائياً لتنتج عناصر أخرى . فتواة ذرات هذه العناصر قلقة غير مُستقرة وتطلق جسيمات ألفا وبيتا واشعاعات جاما . وكل انطلاق نووى - سواء أكان جسيم ألفا أو بيتا - يحول الذرة الى عنصر آخر . فإذا بدأنا باليورانيوم ٢٣٨ فهناك ١٥ درجة أو مرحلة فى هذه العملية الطبيعية تنطلق خلالها ثمانى جُسيمات ألفا وسبع جسيمات بيتا وينتج فى آخر مرحلة منها عنصر الرصاص المستقر (الرصاص ٢٠) الذى لا يتنقَّت بعد ذلك .

وتختلف سرعة التفتت الذاتي اختلافاً كبيراً باختلاف العناصر ، ويُعبّر عن هذه السرعة بما يُسمّى نصف عمر العنصر ، وهو الزمن الذى يلزم لتفتت نصف عدد ذرات العنصر . فـ نصف عمر بعض أفراد عائلة اليورانيوم ٢٣٨ بضع ثوان فقط ، أما بالنسبة لليورانيوم ٢٣٨ نفسه فهو ملايين السنين ، وقدرت مدة نصف عمر سلسلة مراحل من اليورانيوم ٢٣٨ الى الرصاص ٢٠٦ - بالزمن ٧٦٠٠ مليون سنة ، وبمباراة أخرى ، اذا نحن بدأنا بجرام واحد من اليورانيوم ٢٣٨ ، فبعد ٧٦٠٠ مليون سنة يتبقى نصف جرام فقط ، وبعد ٧٦٠٠ مليون سنة أخرى يتبقى ربع جرام فقط (نصف النصف) وهكذا ، وقد تحول النصف الآخر (أو الثلاثة أرباع) الى رصاص وأيونات الهيليوم ، والكروونات وكميات صغيرة جداً من عناصر تتوسط التسلسلة التفتتية . ولا يتغير معدل التفتت الذاتي بالحرارة أو الضغط أو نوع المركبات الكيميائية التى توجد عليها هذه العناصر . وعلى ذلك فيُعتبر نصف عمر المشع رقماً ثابتاً ، أى خاصية أساسية للعنصر . وتحتوى بعض المعادن ، النادرة نسبياً ، على كميات لا بأس بها من اليورانيوم ، ويوجد بعضها فى الصخور النارية ، وقد انفصلت عن المَجْسم (المادة المصهورة) أثناء المراحل الأخيرة من تجمدها . وبتحليل مثل هذه المعادن وايجاد النسبة بين اليورانيوم الموجود والرصاص الناتج من انشطار اليورانيوم ، فانه يمكن الوصول الى معرفة انمر ، وبالتالي الزمن بالسنين الذى مرّ منذ تجمد المجما التى تبلورت منها هذه المعادن ، وقد قدّرت أعمار عدة صخور من حقبة قبل الكمبرى من عدة مناطق ووجد أن عمر أقدم صخر معروف حتى الآن (باستعمال هذه الطريقة) هو ١٨٥٠ مليون سنة . أى أننا لا نكون مخطئين كثيراً لو قلنا ان الأرض تكونت لها قشرة صلبة منذ حوالى ألفى مليون سنة ، وانها أصبحت جسماً مستقلاً منذ حوالى ثلاثة آلاف أو أربعة آلاف مليون سنة .

والآن فلنعد الى نقطة البدء ، وهى :

كيف عُمِلَ السلم التاريخى الجيولوجى ؟ وكيف استفدنا من التغيرات التى طرأت على أنواع الحياة (أى من التطور الأحيائى) فى عمل السلم ؟ فنقول :

دلت المشاهدات في مختلف أنحاء الأرض على أن أحدث الطبقات (أى الطبقات العليا) تحتوى على أنواع من الحفريات لا تختلف الا قليلا عن أنواع الأحياء التى تسكن الأرض والبحار الآن ، وأنه كلما تعمقنا الى طبقات أقدم فأقدم وجدناها تحتوى أقل فأقل من هذه الأنواع الحية مع ازدياد فى أعداد أنواع أخرى قد انقرضت (غير موجودة الآن بالمرّة) ، ثم تختفى هذه الأنواع المنقرضة الآن فى الطبقات الأكثر قدماً وتأخذ مكانها أنواع بائدة أخرى أبسط منها وأقل تعقيداً وهلم جرا ، أى أن هناك تغير متتابع فى أنواع الأحياء التى كانت تعيش فى الأزمان الجيولوجية المختلفة .

والآن لنعطِ مثلاً تقرب به الى الفهم هذا التتابع فى أجناس وأنواع الأحياء التى كانت تعيش فى الأزمنة الجيولوجية المتعاقبة ، ولكن هذا المثل من الفقاريات ، اذ أنها أكثر الحيوانات المألوفة لدينا .

الفقاريات ومساهمتها فى إنشاء السلم الزمنى الجيولوجي

من المعلوم أن الحيوانات الفقارية تنقسم الى خمس رتب هى : الأسماك ، البرمائيات ، الزواحف ، الطيور ، ثم الثدييات (أو اللبونات) . ومن المعلوم أيضاً أن ترتيب رتبها وتخصصها هو نفس هذا الترتيب ، أى أن أكثرها بدائية هى الأسماك وأكثرها رقياً الثدييات .

والواقع أن الفقاريات ظهرت فى الأزمنة الجيولوجية بنفس هذا الترتيب ، اذ ظهرت الأسماك أولاً فى أقدم الطبقات (أى أسفلها) ، ثم ظهرت بعدها البرمائيات فى طبقات أعلى منها (أى أحدث) ، ثم تلتها الزواحف ، ثم الطيور ، وفى آخر الأمر ظهرت الثدييات .

ففى أحدث الطبقات (أى أعلاها تبعاً لقانون تماقب الطبقات) نجد بقايا أنواع كثيرة من الثدييات ومعها قليل من بقايا الرتب الأخرى . ثم اذا بحثنا فى طبقات تحت هذه (أى أقدم منها) نجد أن الثدييات قليلة جداً

وأحجامها صغيرة (فى حجم الفأر تقريباً) ، ولكننا نجد فيها بقايا كثيرة من هياكل الزواحف وكثير منها ضخمة الحجم (قد يصل طول بعضها الى ثلاثين أو أربعين متراً) . ثم اذا بحثنا فى طبقات أكثر قدماً من هذه وجدنا أن بقايا الزواحف قد قلت جداً وأن أحجامها قد صغرت جداً وحل محلها بقايا البرمائيات كبيرة الحجم (منها ما يبلغ ثلاثة أمتار طولاً) . ثم اذا استمر البحث فى طبقات أسفل هذه فالتنا لن نجد الا بقايا أسماك تشبه عموماً الأسماك النضروفية التى نعرفها الآن ، ولو أنها تمتاز عنها بصفات خاصة . ثم بعد ذلك نجد فى أقدم طبقات عثر فيها على بقايا فقاريات بقايا أسماك تختلف تمام الاختلاف عن الأسماك التى نعرفها الآن . فأجسامها مُحاطة بدرع خارجى من الألواح العظمية ، وليس لها عظام داخلية ، ولذلك سميت الأسماك المدرّعة الجلد Ostracoderms ، بل أن أقدم أسماك من هذا النوع لم يكن لها فك لضغ الطعام بل كان لها مصاصات تتبلع بها ضحاياها من الحيوانات اللاقارية التى كانت موجودة آنذاك ، شكل (١٧) .



(د)



(ج)

شكل (١٧)
(الأسماك المدرّعة)

أ : سفالاسبيس (سمكة مدرّعة لا فكّية)
ب : بتريكيس (سمكة مدرّعة فكّية) .

ومن هذا يتبين أنه يمكننا أن نقسم الزمن الجيولوجى الى عدة أقسام يمتاز كل منها بتفوق فصيلة من الفقاريات على الفصائل الأخرى ، كالتى :

(الأحداث)

زمن الثدييات

زمن الزواحف

زمن البرمائيات

(الأقدم)

زمن الأسماك المدرّعة

وقد يتبين هذا التقسيم بوضوح أكثر لو وضعناه في هيئة رسم يبين توزيع قبائل الفقاريات في الأزمنة الجيولوجية المختلفة ، شكل (١٨) .

تسلسل الفقاريات في الأزمنة الجيولوجية

الآثان

الآثان

الآثان

عهد سيادة الثدييات	الآثان
عهد سيادة الزواحف	الآثان
عهد سيادة البرمائيات	الآثان
عهد سيادة الأسماك	الآثان
لم يعثر على بقايا حيوانات قفارية	الآثان
لم يعثر على بقايا أحياء	الآثان

تقسيم أكثر دقة : الاستعانة بعائلة الحصان :

من الواضح أن هذا التقسيم للزمن الجيولوجي تقسيم بدائي ، إذ أننا قسّمنا فترة يبلغ مداها خمسمائة مليون عام الى أربعة أقسام فقط ، كما هو مبين في شكل (١٨) . ولا شك أن سلماً زمنياً مثل هذا لا يفي بالغرض المطلوب ولا يمكن الاكتفاء به ، لأننا إذا اكتفينا به فكأننا نقف عند تقسيم التاريخ الميلادي على « العصر المظلم » ثم « عصر النهضة » ثم « العصر الحديث » ، فلهذا يجب أن نقسم كلا من هذه الأزمنة الى أقسام أصغر فأصغر لنرى كيف فعلنا ذلك بالاستعانة بالحفريات أيضاً ، أى باستعمال الطريقة الاحيائية ، ولنأخذ مثلاً لذلك من تقسيم زمن سيطرة الثدييات

الى عصور :













الاستعانة بتطوّر الحصان : سعى الزمن الذى سيطرت فيه الثدييات

بالحقب الثالث (مسرى السبب فيما بعد) ومن الثدييات التى ظهرت فى الحقب الثالث هذا عائلة الحصان .

وقد تطورت عائلة الحصان تطوراً سريعاً فى هذه الفترة من الزمن الجيولوجى التى تقدر بحوالى سبعين مليون من الأعوام ، وتطور أسلاف الحصان من حيوانات صغيرة فى حجم الثعلب الى حجم الحصان الذى نعرفه الآن .

وقد اتبع تطور عائلة الحصان الخطوات الآتية ، شكل (١٩) :

- (١) ازدياد فى الحجم من حجم الثعلب الى حجم الحصان .
- (٢) استطالة الأطراف عن طريق ازدياد طول الأصبع الأوسط .
- (٣) احتفاء الأصابع الجانبية شيئاً فشيئاً .
- (٤) تحول الضروس من منخفضة مُحَبَّبة (ضروس تسمى آكلة كل شيء) الى ضروس عالية ذات تاج منبسط ومُعَقَّدة بانثناءات فى ميناها (أى تلك الأسنان التى تمتاز بها الحيوانات آكلة الحشائش) .
- (٥) رَافَقَ هذه التغيرات تغير فى شكل الجمجمة .

المجموعة	القدم الأمامي	الضرس
		
		
		
		

شكل (١٩)

(تطور الزمن في الحصان الجيولوجي)

وهذا التطور في الحصان ، والذي يمكن الاستفادة بخطواته في تقسيم الزمن الجيولوجي الذي يمثل حقب الحياة الثالث حصل في الواقع نتيجة لتغير في البيئة الأحيائية والطبيعية التي كانت تحيط به . فالازدياد في طول أطراف الحصان ووقوفه على أصابعه بدلا من الوقوف على كفه كان بمثابة الدفاع عن النفس ، إذ أن الحصان اضطر الى ازدياد سرعة جريه

حتى يهرب من تلك الثدييات الضارية السريعة التي تطورت في نفس الوقت مع تطور الحصان .

أما الإستطالة في الأسنان وتعدها وتداخل المينا الصلبة والتواؤم ، فقد كان نتيجة لتطور الحشائش الصلبة التي كان يعيش عليها في السهول المنبسطة ، وذلك لأن هذه الحشائش الخشنة - لاحتوائها على نسبة من السليكا الصلبة - تَبْرِي الأسنان ، فلا بد من أن تستطيل لتكفيه طول حياته ، وكذلك يجب أن تقوى بازدياد مساحة المينا الصلبة .

وهكذا قد استفدنا من هذه التغيرات في عائلة الحصان للمساهمة في تقسيم الحقب الثالث الى عصور . ويلاحظ أننا قلنا المساهمة ولم نقل الاكتفاء بتطور الحصان في هذا التقسيم ، إذ أننا في الواقع استعنا بأنواع أخرى من الأحياء في عمل هذا التقسيم . وكذلك لا يُظَنُّ أنَّ الفقاريات وحدها هي التي استعملت في عمل السلم الزمني الجيولوجي . بل بالعكس فإن الدور الذي لعبته في هذا المضمار كان أقل من الدور الذي لعبته اللافقاريات ، وذلك لقلة بقايا الفقاريات بالنسبة للحفريات اللافقارية . إذ أن أكثر الفقاريات حيوانات برية ، (اذا استثنينا الأسماك وبعض الأجناس من الفصائل الأخرى التي كَيْفَتْ أجسامها لتعيش في الماء) .

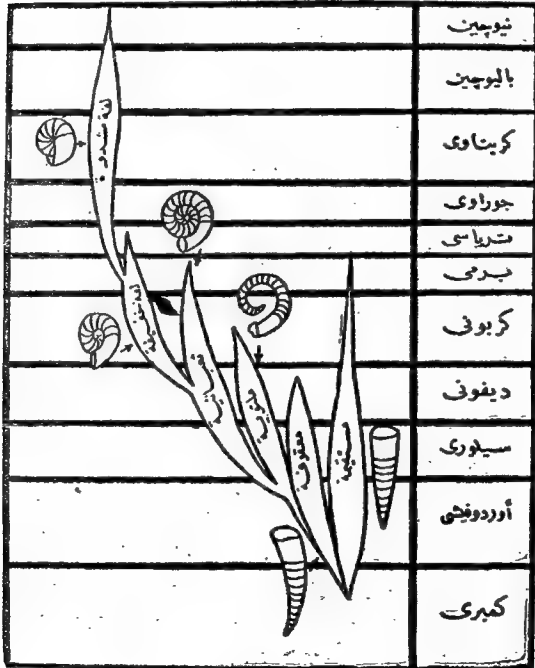
وقد سبق أن علمنا أنه « على الناحية تكون التعرية هي القاعدة ، وليس الترسيب » ، أي أن فرصة حفظ بقايا الأحياء البرية أقل بكثير منها للأحياء البحرية ، ولذلك فلنخط مثلا آخر من أشهر الأمثلة التي استعملت فيها بتطور مجموعة من اللافقاريات للمساهمة في عمل السلم الزمني الجيولوجي ، وهذه المجموعة هي طائفة الرأسقدميات ، إحدى طوائف الرخويات .

الاستعانة بتطور الرأسقدميات التوتية في بناء السلم الزمني :

لاحظ علماء الحفريات تفسيرا في شكل الدرز (خط لحام الحاجز) في الطبقات المتعاقبة ، واستفادوا منه في عمل السلم الزمني الجيولوجي ، وهذا التغير في الواقع ازدياد تدريجي في تعقيد هذا الخط كما سنرى فيما

بعد ، كما لاحظوا أيضاً أن هناك تغيرات طرأت على شكل الصدفة نفسها أدت إلى التفاضل تدريجياً حول نفسها .

ففي الطبقات القديمة جداً التي تلت بقليل أقدم طبقات عثر فيها على بقايا مميزة للأحياء يمكن التعرف عليها ، كانت كل الأصداف التي وجدت من هذه الطائفة اما مستقيمة ، أو معقوفة قليلاً ، ودروزها بسيطة على شكل خطوط دائرية تحيط بالمخروط ، شكل (٢٠) .



شكل (٢٠)
(تطور الصدفة في النوتيات)

ثم وجد أنه في الطبقات التي تعلو هذه ظهرت أنواع لها نفس الدُرُوز ، إلا أن أصدافها أصبحت أكثر التواء ، بحيث التف المخروط حول نفسه دون تماس أجزائه ، وتسمى هذه صدفة ملتوية ، ثم ظهرت بعد ذلك في طبقات أحدث من تلك أنواع أخرى من الأصداف أكثر التفافاً ، بحيث مست اللغات بعضها البعض مساً خفيفاً (صدفة ثمانية) ، شكل (٢٠) .

أما الدرز فلم يتغير كثيراً إذ لم يزد التغير فيه على موجات خفيفة ، وقد سمي هذا الدرز المستقيم أو المتزوج موجات ضيقة بالدرز النوتي ، وهو يميز رتبة من الراسقديات ، أطلق عليها اسم التويليات (أو التويات)

نماز بأنه لم يطرأ على دروزها الا تغيرات بسيطة جداً (وبأن المصص فيها يمر في وسط الحاجز) في حين تغيرت الصدفة بسرعة وازداد التفافها حول نفسها ، فيعد أن كانت اللغة الخارجية لا تخفى أى جزء من اللغات السابقة كما في اللغة الثمانية ، أصبحت ملفوفة لغة خفيفة ، بحيث غطت كل لغة الجزء الخارجى فقط من اللغة السابقة . ثم تطورت آخر الأمر الى صدفة ذات لغة مشدودة ، أى أن اللغة الأخيرة غطت كل اللغات السابقة ، بحيث لا يظهر من الخارج الا اللغة الأخيرة فقط .



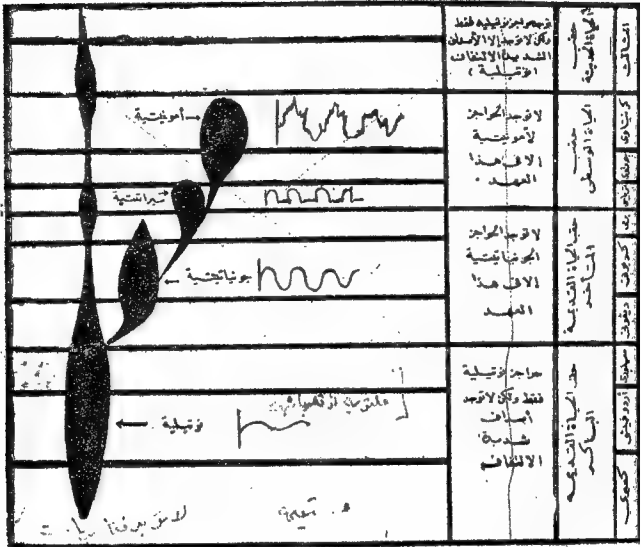
الجونيات والسيراتيات والأمونيات :

وجد أنه في نفس الوقت تقريباً التي وصلت فيه الصدفة في التويات الى طور اللغة المفتوحة ظهرت أنواع تختلف عن التويات في نقطتين هامتين :

أولاهما : في وجود المصص في الجزء الخارجى من الصدفة ، وثانيتهما : في أن الدرز تطور بسرعة وأصبح أكثر تعقيداً من الدرز التويلي البسيط .

وفي أول مراحل هذا التعقيد في الدرز نجد أنه أصبح متعرجاً . تعرجات عميقة إلى التواءات مستديرة إلى الأمام ، والتواءات ذات زوايا حادة الى الخلف ، ولذلك سميت هذه المجموعة بالجونيائيات (أو ذوات الدرور الزاوية) شكل (٢١) .

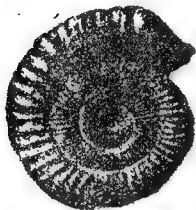
ولم تدم الجونيائيات طويلاً ، بل انقرضت وحلت محلها مجموعة أخرى اختلف درزها عن سابقتها بأن ظهرت في الجزء الخلفي من الدرز



شكل (٢١)
تطور درز الحاجز في الراسقدييات

عدة انشاءات (شرة) ، وبقي الجزء الأمامي مستديراً كما هو . وقد سميت هذه المجموعة بالسيراتيات (أى ذوات الدرر المشرشرة) . وهذه لم تش طويلاً أيضاً ، إذ تطور الدرز بسرعة الى النوع المسمى بالدرز الأمامي الذى أصبح فيه كل من الجزءين الأمامي والخلفي ملتويين ومعداً

تعتدأ كبيراً . وقد سميت هذه الطائفة آمونيات ، نسبة الى قرن الكبش الذى كان يزين به رأس الاله القديم جوبتر آمون ، اذ أن أصدافها وقد تزيت بصلوع تلف حول المخروط . أصبحت تشبه قرن الكبش ، شكل (٢٢) .



شكل (٢٢)
(آمونيت)

وبعد مضى فترة من الزمن الجيولوجى انقرضت هذه الأمونيات أيضاً ، ولم يبق من هذه الطائفة كلها الا رتبة النوتيات التى ما زالت ممثلة الى الآن بجنس واحد فقط هو جنس نوتيلوس الذى سميت المجموعة باسمه .

واذا دققنا النظر فى التتابع الطباقى لحلقات التطور هذه من حيث شكل الصدفة وشكل الدرر نجد أنه يمكننا أن نقسم الزمن الذى عاشت فيه هذه الطائفة من الأحياء الى أجزاء كالآتى :

أولاً : جزء أسفل لا توجد فيه الا النوتيات ذوات الأصداف المستقيمة والمعقوفة فقط ، مثل :
(١)

أورثوسير أس ، وسيرتوسير أس .

ثانياً : جزء يتلو هذا الى أعلى ، فيه أصداف نوتيات ملتوية وتنعابية بالإضافة الى المستقيمة والمعقوفة .

ثالثاً : جزء يلي هذا الى أعلى توجد فيه جونياتيات مع النوتيات .

رابعاً : يلي هذا الى أعلى جزء لا توجد فيه الجونياتيات ، ولكن توجد فيه السيراتيات مع النوتيات .

خاصة : بعد هذا يأتي جزء لا توجد فيه السيراتيات ، ولكن توجد فيه
الأمونيات مع النوتيات .

سادساً : جزء أحدث من هذه كلها لا توجد فيه الا النوتيات المفقوة
لغة مشدودة ، واحتقت منه جميع الأجناس الأخرى .

مقارنة بين النتائج التي وُصل إليها عن طريق تطور الفقاريات
والرأسقدميات في انشاء السلم الزمني الجيولوجي

تبين هذه المقارنة الآتي :

(١) الطبقات (أو الفترة الزمنية) التي لم توجد فيها أية بقايا
للفقاريات هي نفسها المثلة بأولا في توزيع الرأسقدميات الذي سبق
توضيحه ، أى لا توجد فيها الا النوتيات البدائية ذوات الأصداف المستقيمة
أو المقوفة .

(٢) الطبقات (أو الفترة الزمنية) المميزة بوجود الأسماك المدرعة هي
نفسها تقريبا التي يمثلها ثانيا ، أى يوجد بها أيضاً نوتيات ملتوية وشبانية

(٣) الفترة الزمنية التي يمثلها تفوق الرمائيات هي المثلة بثالثا
ورابعا في تاريخ الرأسقدميات السابق توضيحه ، أى الفترة التي وجدت فيها
الجوونيات والسيراتيات .

(٤) الفترة التي يمثلها تفوق الزواحف هي نفس الفترة التي وجدت
فيها الأمونيات (أى خاصة في تاريخ الرأسقدميات) .

(٥) الفترة الزمنية التي تفوق فيها الثدييات هي نفس الفترة التي
يمثلها سادسا ، أى التي لا يوجد فيها الا النوتيات المفقوة لغة مشدودة .

ومن هذا يتضح أنه بهذه الطريقة الأحائية (الحفرية) أمكننا تقسيم الزمن الجيولوجى الى أقسام • وهذه الأقسام كما يتضح تكون طويلة أو قصيرة تبعاً لدققتنا فى دراسة الأحياء وتطورها وتميزنا للتغيرات التى طرأت عليها • فإذا كانت دراستنا على مستوى الطائفة مثلاً ، كما فى حالة الرأسمديات ، كانت الأقسام الزمنية كبيرة قد يطول كل منها الى عشرات الملايين من السنين •

أما اذا كانت دراستنا على مستوى العائلة مثلاً (أى أننا ندرس تسابع العائلات بدلاً من الطوائف) فإنه يمكن تضيق الفترات الزمنية التى يمكن تمييزها الى بضع ملايين السنين مثلاً • ومن أمثلة ذلك أن العصر الكريتائى (الطباشيرى) وهو أحد عصور الحقب المتوسط أو الميزوزوى ، أمكن تقسيمه الى ثلاثة عشر « عهداً » بواسطة تتبع بعض الأُمونيات فيه (طباعاً بالاضافة الى دراسة تمت على طوائف أو عائلات أخرى كانت فى نفس العصر) •

ثم أمكن تقسيم كل عهد الى عدة « أقسام » بواسطة تتبع الأجناس المكوّنة للعائلات الميزة للعهد • فمن ذلك أن العهد الألبى (أحد عهود العصر الكريتائى) أمكن تقسيمه الى ستة أقسام • ثم بعد ذلك أمكن تقسيم كل من هذه الأقسام الى عدة « نطاقات » Zones يعرف كل نطاق منها بتفوق نوع من أنواع الأُمونيات المكونة للأجناس الميزة للقسمة •

أى أنه أمكن بدراسة الأُمونيات وحدها تقريباً تقسيم العصر الكريتائى الى ما يقرب من مائة وخمسين « نطاقاً » ، وما ذلك الا لأن الأُمونيات من أحسن المستجحات للاستعانة بها فى تقسيم الحقب المتوسط (الميزوزوى) ، وذلك لسرعة التغيرات التى طرأت على أنواعها وأجناسها أثناء الزمن الجيولوجى ، وكذلك لأنها من الحيوانات السريعة الانتقال من مكان الى آخر ، إذ أهلت بها جميع البحار فى العالم فى وقت قصير نسبياً إذا قيس بالأزمنة الجيولوجية •

وهذا يَحْدُو بنا أن ننبه مرة أخرى الى نقطة هامة جداً تتعلق بإنشاء السلم الزمني في الجيولوجيا وهي :

اتساع الرقعة التي يمكن فيها تطبيق سلم زمني أحاثي واحد اذا قيست بالطريقة الصخرية .

• ان التغيرات التي تحدث في مجموعة من الأحياء في مكان ما في العالم تحصل بنفس الترتيب وبنفس السرعة (اذا قورنت بطول الأزمنة الجيولوجية) في كل مكان آخر في العالم عاشت فيه هذه المجموعة .

أي أنه يمكننا أن نعتبر (دون خطأ يذكر في التوقيت) أن كل حلقة تطورية في أية مجموعة من الأحياء حدثت في وقت واحد في جميع أنحاء العالم .

وهذا ينتج من أن الأحياء (يعكس المواد غير العضوية كالرواسب) لا تقيدها في تحركها الجاذبية وحدها ، بل انها تنتشر وتغطي أجزاء كبيرة من العالم اما سباحة أو طائرة أو حتى وهي بيضة أو يرقة أي أنه من خاصية الأحياء الانتشار الأفقي (أي الجغرافي) أو الهجرة من مكان الى آخر محاولة تغطية أجزاء المعمورة بأنواعها . وكلما كان هذا الانتشار سريعاً زادت قيمة الأحياء في عمل سلم زمني ينطبق على جميع أنحاء العالم ، وهذا ما نريده من التوقيت الجيولوجي .

وعلى ذلك فاننا نجد أن أية منطقة في العالم درست وافية من حيث تسلسل الأحياء فيها فان ترتيب التغيرات الأحيائية فيها يسير بنفس الترتيب والتسلسل في أية منطقة أخرى درست جيداً كذلك .

ولكن هذا لا يعني أن كلَّ الحلقات والخطوات يجب أن توجد في كل منطقة من العالم ، بل توجد فجوات أو نقص لبعض الحلقات ، وذلك

لأسباب شتى ، منها : عدم وجود الظروف المناسبة لحفظ البقايا الممتلئة للحلقة ، كأن لا توجد الرواسب الملائمة (لوجود رواسب برية مثلاً بدلاً من رواسب بحرية) ، أو لأنّ الظروف البيئية لم تكن مناسبة في ذلك المكان لتعيش فيها تلك المجموعة التي تمثل الحلقة التطورية موضوع الدرس .

ويمثل جدول (١) صفحة (٦١) تقسيماً عاماً للزمن الجيولوجي .

تدريبات عملية

(١) افحص الحفريات المختلفة الموجودة ، وارسم شكلاً توضيحياً لكل منها ، مينااً عليه اسم الحفرية والقبيلة التي تنتمي إليها .

(٢) انقل شكلي (١٨) ، (٢٠) ، بجوار بعضهما البعض على لوحة واحدة بحيث تتوافق الأقسام الزمنية تماماً ، وأجر مقارنة نتائج التقسيم الزمني على أساس تطور الفقاريات وعلى أساس تطور الرأسمديات ودون ملاحظتك على ذلك .

الحياة للبرية	الحقب	العصر	المعربلايين السنين من وقتنا الحاضر
الإنسان الحديث إنسان العصر الحجري الحوانات الثديية والنباتات الزهرة	الحياة الحديثة	الحديث	٠٠ و ٢٥
		البليستوسين	١
		البليوسين	١٥
		اليوسين	٣٥
		الأوليغوسين	٥٠
		الأيوسين والباليوسين	٧٠
الزواحف	الحياة الوسطى	الكريتاي	١٢٠
		الجوراي	١٥٠
		الترياسي	١٩٠
البرمائيات والنباتات الأولية الأسماك اللافقاريات وأول ظهور حفريات كثيرة	الحياة القديمة	البوي	٢٢٠
		الكربوني	٢٨٠
		الديفوني	٣٢٠
		السلوري	٣٥٠
		الأوردوفيشي	٤٠٠
		الكبرى	٥٠٠
لا دليل مباشر على وجود الحياة	ما قبل الكبرى	عصور	على الأقل
		ما قبل	١٧٥٠
		الكبرى	
	نشأة الأرض		٣٠٠٠

جدول (١) : التقسيم العام للزمن الجيولوجي

أسئلة

(١) أ - اذكر القانون الأول في علم الطبقات ، أو قانون تعاقب الطبقات .

ب - اذكر القانون الثاني في علم الطبقات ، أو قانون التعاقب الحفري .

(٢) اذكر ثلاث صعوبات تواجه الجيولوجى اذا استعان بالترابط (المضاهاة)
الحجرى فقط للطبقات فى عمل تاريخ جيولوجى لمنطقة ما .

(٣) ارسم شكلا يبين كلا من الشواهد الجيولوجية التالية :

أ - التخطى ب - التغير الجانبي ج - عدم التوافق .

(٤) اذكر ثلاثة ظروف مناسبة لانعام عملية التحفر .

(٥) ارسم شكلا توضيحياً مبسطاً لحيوان ينتمى الى كل من القبائل التالية :

(١) الأوليات .

(٢) الجلد شوكيات .

(٣) المسرجيات .

(٤) الرخويات .

(٥) الجوفعمويات .

(٦) اشرح باختصار ثلاث طرق مختلفة استعملت فى تقدير عمر الأرض .

(٧) كيف استعان الجيولوجيون بتطور الرأسمديات فى بناء السلم الزمنى ،
وضع اجابتك بالرسم .

الباب الثاني

الحقب والعصور الجيولوجية

حقب ما قبل الكامبري أو (الحقب الأركي)

(مدته بين ٢٥٠٠ مليون سنة)

يسمى هذا الحقب أحياناً بالحقب الأركي أو الحقب السحيق ، وهو يمثل حوالى خمسة أسداس تاريخ الأرض كله . ويتبع هذا الحقب كل أنواع الصخور التي تكونت قبل ابتداء أول عصور حقب الحياة القديمة ، أى العصر الكامبري الذى يحمل بين طبقات صخوره أقدم أنواع الحفريات . وتعتبر بداية العصر الكامبري تاريخاً جيولوجياً هاماً ، ذلك لأن السجل الجيولوجي بدأ فى الوضوح منذ ذلك الوقت وصار من الممكن تقسيمه بدقة على أساس وجود الحفريات فى صخوره كما بينا سابقاً .

ومن أجل هذا السبب يطلق على كل الصخور التي سبق تكونها بداية هذا العصر بصخور ما قبل الكامبري ، وهى صخور تتميز أساساً بافتقارها الى أية أنواع من الحفريات ، ومعظمها صخور نارية أو متحولة كالجرانيت والنيس والشست ، وتظهر فى جميع القارات كالتقاعسة أو الأساس الذى ترتكز عليه طبقات الصخور الإحدث منها . ولذلك فهي تسمى بالدروع ، كالدرع الكندي ، والدرع الأفريقي ، وهناك كذلك كثير من الصخور الرسوبية التي تتبع هذا الحقب ولكنها خالية تماماً من الحفريات ، وخلو صخور ما قبل الكامبري من الحفريات يجعل تقسيمها وعمليات الترابط بينها أمراً صعباً .

توزيع صخور ما قبل الكمبرى فى الجمهورية العربية المتحدة :

تبلغ مساحة الصخور التى تنتمى الى هذا الحقب نحو عشر مساحة الجمهورية العربية المتحدة وهى عبارة عن صخور نارية ومتحولة تكونت فى أزمنة مختلفة فى هذا العهد السحيق نتيجة لحركات أرضية متباينة . ولما كانت هذه الصخور تقع فى مناطق نائية بعيدة عن وادى النيل ، لذلك لم يكن من السهل دراستها على الوجه الاكمل ، ومع ذلك فقد اهتم بعض العلماء بتقسيمها وتميز كل قسم منها ، الا أن هذه الدراسات ، لا يصح أن تؤخذ كدراسات نهائية تطبّق على جميع هذه الصخور لأنها قد تميز مناطق خاصة فقط .

وبوجه عام يمكن القول ان الجزء الجنوبى الشرقى من الصحراء الشرقية يشمل أقدم الصخور المعروفة فى الجمهورية العربية المتحدة ، وهى عبارة عن صخور من النيس والشبست التى يظن أنها كانت فى أول أمرها صخوراً رسوبية قديمة ولكنها تحولت بعد ذلك . والذى يفحص هذه المجموعة من الصخور يجد أن بها كتلا وسدوداً من الصخور النارية المختلفة التى تدل على وجود حركات أرضية قديمة نتج عنها تدخل هذه الكتل ، وكذلك حدوث طيات وصدوع عديدة تأثرت بها هذه المجموعة القديمة . ولم تلبث هذه الصخور أن تعرضت لحركات أرضية سالبة (أى الى أسفل) أدت الى ترسب مجموعة أخرى من الصخور فوقها يفصلها عن الأولى القديمة سطح عدم توافق واضح فى كثير من المناطق ولم تلبث هذه المجموعة الثانية أن تغيرت صخورها الى صخور منحولة كذلك بعوامل الضغط والحرارة التى أثرت فيها ، ولكن يجب ملاحظة أن درجة تحول هذه الصخور أقل من درجة تحول صخور المجموعة الأولى القديمة . وتقع هذه المجموعة الثانية فى الجزء الأوسط والشمالى من الصحراء الشرقية بوجه عام ، وكذلك فى جنوب شبه جزيرة سيناء . ولم تلبث هذه المجموعة الثانية طويلاً حتى تعرضت كالأخرى لحركات أرضية متتالية أثرت فيها تأثيراً كبيراً واضحاً فى الكتل

النارية الضخمة التي اخترقتهما سواء كانت من الصخور النارية الحمضية كالجرانيت أم من الصخور القاعدية كالجابرو وخلافه .

ويجب أن نشير هنا إلى أن تدخل هذه الكتل النارية الناتجة من الحركات الأرضية سواء في المجموعة القديمة أو التالية كان له أكبر الأثر في توزيع الخامات المعدنية في هذه الصخور العتيقة حيث توجد خامات معادن الذهب والنحاس التنجستن والقصدير والرصاص وغير ذلك . وأقرب هذه الصخور إلى وادي النيل تلك التي توجد في أسوان حيث كانت هناك المناجر القديمة لقدماء المصريين للجرانيت على الأخص الذي كانا يستغل في بناء المسلات والتماثيل . ولم يقتصر بحث الفراعة على الصخور القديمة في وادي النيل فقط ولكنهم كانوا يَجُوبُونَ الصحراء الشرقية وشبه جزيرة سيناء بحثاً من الخامات المعدنية وعن صخور الزينة ، ولذلك نرى أن هذه الصخور وخصوصاً تلك التي توجد بالصحراء الشرقية غنية بآثار المصريين القدماء خاصة في مناطق الذهب القديمة كمناطق الفواخير والبرامية ، ولم يقتصر نشاطهم على ذلك فقط ولكنهم كانوا يقومون بعثات جيولوجية رائدة في هذه المناطق واستخرجوا كميات كبيرة من صخور الزينة (كالبريشا الخضراء وحجر السماق الامبراطوري) كذلك حفروا كثيراً من الآبار التي لا تزال موجودة حتى الآن .

وصخور هذا الحقب تنتشر كذلك في مساحات بسيطة في الصحراء الغربية وخصوصاً في الجزء الجنوبي الغربي (قرب واحة العوينات) حيث توجد كل هائلة منها تمتد جنوباً في السودان وغرباً في ليبيا . كما نلاحظ وجود بعض كل الصخور النارية المتفرعة خصوصاً جنوب الواحات الخارجة والداخلية .

وقد ظهر حديثاً أن بعض الكتل النارية الموجودة في هذه الصخور لها عمر مخالف لما كان يعتقد ، إذ أن بعضها ينسب إلى العصر الطباشيري مثلاً أو حتى بعض الصخور الأحدث منه ، وهذا التقدير في العمر نتج من تحليل بعض المعادن المشعة الموجودة في هذه الكتل النارية .

الميزات الاقتصادية لحقب ما قبل الكمبري في الجمهورية العربية المتحدة

يُوجَد بصخور هذا الحقب التي تكون غالبية الصخور في الصحراء الشرقية (الجزء المتوسط والجنوبي بصفة خاصة) وجنوب شبه جزيرة سيناء معادن كثيرة ذات قيمة اقتصادية ، فيوجد الحديد (النوع الطبقى المتحول) ، والكروميت ، والزربرد ، والنيكل ، والألمنيوم ، والبيريل (الزمرد) ، والألمنيوم ، والفصدير ، والتجستن والذهب ، والتلك ، والنحاس .

(١) خامات الحديد الطبقية المتحولة : توجد بمنطقة كريم جنوب

التصير وأم حجاب ، ومسويقات أم لصف ، وأم شداد ، وأم خميس . يوجد الخام في هيئة مجموعات كأشرطة عدسية الشكل ، مختلفة الكثافة والامتداد . ويتكون الخام أساساً من معدني الماجنتيت والهيماتيت المختلطين بالكوارتز ومعادن سليكاتية أخرى .

يقدر الخام الموجود بمنطقة كريم بحوالي ٢٥٥ مليون طن .

(٢) الكروميت : يوجد في هيئة عدسات صغيرة متفرقة في الصخور

فوق القاعدية (بريدويت تحول الى سربنتين) وتلك في المناطق الوسطى والجنوبية من الصحراء الشرقية . وتراوح كبرى هذه العدسات بين ١٥ ، ٢٤ متراً في طول .

(٣) الزبرجد : أهم حجر كريم يوجد في بلادنا ، وينحصر

وجوده في الصخور فوق القاعدية في جزيرة سانت جون بالبحر الأحمر (حوالي ٢٠٠ كيلو متر جنوب شرقي مرسى علم) . يوجد المعدن في هيئة عروق صغيرة أو جيوب متشابكة في صخور السربنتين (ناتجة من تحول صخور فوق قاعدية) .

(٤) النيكل : يوجد على نطاق ضيق في عروق معدن الجارنيريت

(سليكات النيكل المائية) في الصخور القاعدية بجزيرة الزبرجد .

(٥) الاستتوس : يوجد في صخور النيس المتداخلة في عدسات

صخور السربنتين بمنطقة حفافيت بجنوب الصحراء الشرقية .

(٦) البريل (الزمرد) : يوجد في مناطق متفرقة بجنوب الصحراء

الشرقية (زبارا ، سكابت ، نجرس ، أم كابو) . يوجد المعدن في المروق
العديسة لصخر البجماتيت الحامل للكوارتز (صخر يشبه الجرانيت ولكن
بلوراته كبيرة) . والتي تقطع الست . يوجد الزمرد في هيئة بلورات
خضراء مائلة للزرقة ومخططة ، وقد استخرج المعدن في الأزمنة القديمة
لفرض استخدامه في الأحجار الكريمة . ولكن البريل يستخدم الآن في
أغراض الطاقة الذرية ، وهذا يشجع على تجديد استخراج المعدن من
مناجمه المختلفة .

(٧) الأيليت : (أكسيد الحديد والتيتانيوم) : توجد رواسب كبيرة

لهذا المعدن في أبو غلفة بجنوب الصحراء الشرقية . وتوجد هذه الرواسب
في هيئة شرائط عديسة الشكل موجودة في صخور الجابر والمحتوية على
التيتانيوم والحديد .

(٨) القصدير والتنجستن : توجد عروق المرو (الكوارتز) الحاملة

للقصدير والتنجستن في مناطق العجلة ، أبو دياب ، نوبعة ، المويحة ،
أبو خريف ، أم بصيلة ، وزرقعة النعام بالصحراء الشرقية . يوجد القصدير
في معدن الكاسيتريت (أكسيد القصدير) . أما التنجستن فيوجد في معدن
الولفراميت (تنجستات الحديد والمنجنيز) .

(٩) الذهب : تنتشر عروق المرو الحاملة للذهب في مناطق كثيرة

(أكثر من ٥٠) بالصحراء الشرقية أهمها : سمنا ، عطا الله ، فواخير ،

دجياج ، أم الروس ، البرامية ، دنجلش ، ساموت ، حمش ، حوطيط ؛
أم جاريات ، أم الظيور ، كوربى . ومناجم هذه المناطق كلها مكشوفة منذ
أيام قدماء المصريين . ويوجد الذهب عادة فى عروق المرمر المائلة للشقوق
ويصاحب الكوارتز فى بعض الأحيان معدنى الكالسيت والبيرت . وقد يكون
الذهب ظاهراً للعين ولكن غالباً ما يكون دقيقاً جداً لدرجة أنه لا يمكن
ملاحظته بالعين المجردة . وتوزيع الذهب فى هذه العروق غير منتظم ، وقد
يصادف الإنسان فى بعض الأحيان جيوب صغيرة غنية بالمعدن . وتوجد الفضة
مصاحبة للذهب ، وتراوح النسبة عادة بين الفضة والذهب من ١ : ٤ الى ١ : ٦
وقد استخرج حوالى ٢٠٤١٣٧ أوقية من الذهب فى الفترة ما بين عام ١٩٠٢ ،
وعام ١٩٥٤ . وكانت أكبر كمية هى : ١٧٣٨٧ أوقية فى عام ١٩٥٤ .

(١٠) رواسب التلك : توجد بمناطق العطشان والمكبى ، ودريهيب

بجنوب الصحراء الشرقية ، فى هيئة أجسام عدسية ذات أبعاد مختلفة فى
مناطق التكسير والتشد الممتدة فى الصخور المتحولة . ويصاحب التلك بعض
المعادن الكربوناتيية والسليكاتية . وقد يوجد التلك مصبوغاً بلون أخضر
(ملاكيت) كـ كربونات النحاس المائية) .

استخرج ٧٣٣٤٦ طن من التلك من مناجم العطشان ودريهيب بصفة
خاصة فى المدة بين ١٩٣١ ، ١٩٥٥ ، وكان أعلى إنتاج هو ٦٠٠٠ طن
عام ١٩٥٥ .

(١١) رواسب النحاس : توجد أجسام عدسية حاملة للزنك والنحاس

فى منطقتي أم سمبوكى والعطشان ، حيث تحل محل صخور التلك والكربونات
فى مناطق التكسير والتشد فى الصخور البركانية المتحولة . كما توجد رواسب
للنحاس مائلة للشقوق الموجودة فى الصخور الجرانيتية ، والتشستية فى مناطق
درجينا ، أبو النمران ، سمرة بشبه جزيرة سيناء .

حقب الحياة القديمة (الحقب الباليوزوى)

(مدته ٣٠٠ مليون سنة)



يستغرق هذا الحقب $\frac{2}{3}$ السجل الجيولوجى الحادى على الحفريات . ويستدل من الحفريات التى وجدت بين صخوره أن الحياة خلال ذلك الحقب كانت تختلف اختلافاً بيناً فى طبيعتها وصورها عن تلك التى نألفها على سطح الأرض الآن . فمعظم الأجناس والرتب بل والطوائف الحيوانية والنباتية التى كانت تميز ذلك الحقب انقرضت وبادت قبل نهايته فلم تترك نظيراً لها فيما يلى ذلك من صخور ، ولا يعرف منها شئ على سطح الأرض الآن .

ويمكن تقسيم حقب الحياة القديمة الى قسمين كبيرين هما :

(ب) حقب الحياة القديمة المتأخر ، ويشمل العصور الآتية :

- | | |
|---|--------------------|
| { | ٦ - العصر البرمى |
| | ٥ - العصر الكربونى |
| | ٤ - العصر الديفونى |
- عهد سيادة البرمائيات •
عهد سيادة الأسماك •

(١) حقب الحياة القديمة الباكر ، ويشمل العصور الآتية :

- | | |
|---|----------------------|
| { | ٣ - العصر السيلورى |
| | ٢ - العصر الأردوفيشى |
| | ١ - العصر الكمبرى |
- عهد سيادة اللافقاريات •

وهذه هى المميزات العامة للحياة خلال هذا الحقب :

الحياة النباتية :

لم تمثل الحياة النباتية فى العصرين الكمبرى والأردوفيشى سوى بالأعشاب البحرية فقط ، ويلاحظ أنها فى خلال العصرين : الأردوفيشى ،

والسيلورى بدأت تحيط خلاياها بطبقة من الجير ، وذلك مما ساعد على حفظ حفريات لها فى الصخور ، وقد ظهرت أولى أنواع النباتات البرية البدائية مع أواخر العصر السيلورى ، مثل النباتات اللازهرية ، وخاصة خفيات الألقاح كالسراخس وذيل الحصان وغيرها ، وهذه ازدهرت ازدهاراً ملحوظاً بعد ذلك ، وخاصة خلال العصر الكربونى ، وهى النباتات التى تتكون منها رواسب الفحم المشهورة فى جميع أنحاء العالم .

الحياة الحيوانية :

لم يلبث العصر الكمبرى أن بدأ حتى كانت البحار تنض بأصناف عديدة من الحيوانات اللافقارية تمثل معظم القبائل اللافقارية المعروفة . ولم يبدأ العصر الذى يليه (الأردوفيشى) حتى كنت كل قبائل اللافقاريات ممثلة . وقد بدأت بشائر الفقاريات فى الظهور مع أواخر العصر الأردوفيشى . ممثلة فى تلك الأسماك المدرعة البائدة المتعددة الفكوك التى أشرنا إليها . وانتشرت هذه الأسماك انتشاراً كبيراً فى العصر الديفونى الذى يسمى بمهد سيادة الأسماك ، ومن الأسماك نشأت البرمائيات ، وهذه زاد انتشارها فى العصرين الأخيرين من الحقبة ، الكربونى والبرمى زيادة عظيمة ، حتى أن تلك الفترة من حقبة الحياة القديمة تسمى عصر سيادة البرمائيات ، وخلال العصر البرمى ظهرت بواذر الزواحف ، ولكنها لم يكن لها دوراً ملحوظاً فى ذلك الوقت ، أما الثدييات والطيور فلم يشر لها على أى أثر فى صخور هذا الحقبة .

وسنصور الخواص الحفرية لكل عصر من العصور الستة لحقبة الحياة القديمة ، مبتدئين بأقدمها كما يلى :

(١) العصر الكمبرى : (مدته حوالى ٨٠ مليون سنة) .

حفرياته المميزة من جنس المسرجيات غير المشقة . وثلاثيات الفصوص .

(٢) العصر الأردوفيشى : (مدته حوالى ٦٠ مليون سنة) .

حفرياته المميزة من رتبة الجرابوليتات .

(٣) العصر السيلورى : (مدته حوالى ٣٠ مليون سنة) •

حفرياته المميزة من رتبة الجرابوليتات والعنكبنيات المنقرضة (المقارب البحرية) •

(٤) العصر الديفونى : (مدته حوالى ٤٠ مليون سنة) •

أهم مميزات هذا العصر هى انتشار الأسماك المدرعة (أسماك بدائية) •

(٥) العصر الكربونى : (مدته حوالى ٦٠ مليون سنة) •

أهم ما يمتاز به هذا العصر ميزتان :

(١) ظهور البرمائيات التى تشبه فى حياتها حياة الضفادع الحديثة ، ولكن معظمها كن ذاك حجم كبير حقا قد يبلغ طوله مترا أو مترين ، وكانت تعيش حول المستنقعات الكثيرة التى عمت كثيرا من أنحاء الأرض فى ذلك العصر •

(٢) ازدهار النباتات الأرضية اللازهرية اردوارا كبيرا وخاصة فصيلة خفيات الألقاح •

وقد ازدهرت هذه النباتات فى المستنقعات وحولها فى غابات كثيفة ، وكانت منها أشجار ذات أحجام ضخمة حقا تبلغ أطوالها ٣٠ مترا وأنصاف أقطارها متران ، وهذه الغابات هى التى دفنت بين الصخور فى ذلك العصر وتكونت عنها رواسب الفحم الشهيرة •

(٦) العصر البرمى : (مدته حوالى ٣٠ مليون سنة)

وهو آخر عصور حقبة الحياة القديمة ، وقد انقرضت كثير من أنواع الحياة التى ظهرت فى العصور الأولى لحقبة الحياة القديمة ، بينما ازدهرت أصناف جديدة من الكائنات صار لها شأن كبير فى العصور التالية • زاد انتشار البرمائيات ، وظهرت أوائل الزواحف التى تطورت فيما بعد بسرعة عظيمة وصار لها شأن كبير جدا فى عصور حقبة الحياة الوسطى •

توزيع صخور حقب الحياة القديمة

في الجمهورية العربية المتحدة

لا يزال توزيع عصور هذا الحقب في مجموعة الصخور المسماة بالصخر الرملي النوبي غامضاً ، إذ أن معظم هذه الصخور لا يحتوى على حفريات ، اللهم الا في بعض المناطق المتفرقة . وأقدم العصور التي وجدت حفرياتها في الصخور الظاهرة على سطح الأرض هي صخور العصر الكربوني الثابت وجودها في صخور منطقة الوينات بجنوب غرب الصحراء الغربية وادى عربة على خليج السويس بالصحراء الشرقية والمنطقة الغربية من شبه جزيرة سيناء . ويلاحظ أن الحفريات التي عثر عليها في منطقة الوينات هي عبارة عن نباتات بدائية منقرضة تدل على وجود بيئة قارية ترسبت فيها طبقات الصخر الرملي النوبي ، هذا بمكس الصخور الموجودة في وادى عربة أو غرب سيناء ، فهي تحتوى على حفريات لأصداف بحرية تدل على انغمار هذه المناطق وما جاورها أثناء العصر الكربوني بمياه البحر .

وبدراسة الدول المجاورة للجمهورية العربية المتحدة مثل الأردن وفلسطين وتركيا والسعودية نجد أن صخور هذه المنطقة المسماة بالصخر الرملي النوبي تحتوى على حفريات أقدم من العصر الكربوني ، بعضها يمت الى العصر الكمبرى أو الأوردوفيشى أو السيلورى أو الديفونى ، ولذلك فانه يمكننا أن نعتبر أن الجزء الأسفل من هذه المجموعة الصخرية قد ينسب الى أحد هذه العصور والواضحة في المناطق المجاورة ، وربما يشت ذلك في المستقبل بوجود حفريات تدل على ذلك في الصخور الظاهرة فوق سطح الأرض . ويجدر بنا هنا أن نشير الى أن بعض الصخور المدفونة تحت أعماق كبيرة في الصحراء الغربية مثلاً قد ثبت وجود حفريات فيها تنسب الى العصور الأولى من حقب الحياة القديمة ، « جب عافية » غرب منخفض القطارة وغيرها ، وهذا يدل على أن البحر القديم قد غمر الجزء الشمالى من الجمهورية العربية المتحدة في العصور الأولى من حقب الحياة القديمة .

والطبقات العليا من الحجر الرملي النوبي التي تغطي الصخور الكربونية مباشرة في شبه جزيرة سيناء أو وادي عربة قد تنسب الى العصر البرمي أو ربما الى العصور الأولى من حقبة الحياة الوسطى • وتحتوى صخور العصر الكربوني على الأخص في غرب سيناء على خام المنجنيز وبعض طبقات الفحم الذي ثبت وجوده في منطقة بدعة وأم ثورة وكذلك في وادي عربة •

المميزات الاقتصادية لرواسب حقبة الحياة القديمة

تحمل صخور الحجر الرملي النوبي التابعة للعصر الكربوني بعض رواسب فحمية كالتى اكتشفت حديثاً في غرب سيناء بمنطقة وادي بدعة ووادي أم ثورة ، وهذه الرواسب الفحمية تختلط مع طبقات الطفل والطين الأسود التى تتخلل صخور الحجر الرملي النوبي • ويبلغ متوسط سمك طبقة الفحم المكتشفة حوالى ٥٠ سنتيمتراً ، وتجرى الدولة الآن أبحاثاً واسعة لمعرفة مدى امتداد هذه الطبقة في الأماكن المجاورة ، وكذلك الأعماق التى توجد عليها ، كما تجرى الأبحاث لمعرفة نوع الفحم وعلامته للاستغلال وأغراض الصناعة •

وقد جاء كذلك في بعض التقارير القديمة أن بعض أعمال الحفر القديمة كانت قد سجلت وجود طبقة رقيقة من الفحم في الصخور المائلة الموجودة في وادي عربة بالصحراء الشرقية على الجانب الغربى من خليج السويس •

١. وصخور الدولوميت التابعة للعصر الكربوني كذلك في شبه جزيرة سيناء تحمل خام المنجنيز الذى يستغل من عدة مناجم هناك ، ولكننا نتكلم عن موضوع خام المنجنيز عندما نتكلم عن المميزات الاقتصادية لصخور حقبة الحياة الحديثة ، إذ أنه بالرغم من وجوده في صخور العصر الكربوني الا أنه قد ترسب أو نشأ فيها نتيجة لموامل جيولوجية نشطت ابان وسط حقبة الحياة الحديثة •

حقب الحياة الوسطى (الحقب البازووي)

(مدته حوالى ١٣٥ مليون سنة)

المميزات الأحيائية :

بالنسبة للأفقاريات اختفت المرجانيات الرباعية وحلت محلها المرجانيات السداسية وكذلك كل الجلدشوكيات الجالسة ما عدا القليل من زنبق البحر .
كثرت وجود الأمونيات فى هذا الحقب وتنوعت وتطورت سريعا وسيطرت على الحياة الافقارية فى البحار حتى سعى هذا الحقب بحقب الأمونيات ، كما أنه سعى أيضا باسم حقب الزواحف وذلك لسيطرة هذه الحيوانات على الحياة الفقارية البرية والبحرية .

العصر الترياسى

(مدته حوالى ٣٥ مليون سنة)

اختفت البرمائيات الضخمة تماما . تضاءلت النباتات اللازهريّة الخفيفة الألقاح .

العصر الجورائى

(مدته حوالى ٤٥ مليون سنة)

يمتاز هذا العصر بالتطور السريع فى أجناس الأمونيات وتنوعها وكثرتها .

واتشترت الزواحف الضخمة فى هذا العصر والعصر الذى يليه واحتلت جميع البيئات وسيطرت على البحر والبر والجو . وظهرت فى هذا العصر بشائر الطيور بظهور الطائر العتيق الذى جمع ما بين صفات الطيور الحقيقية

وصفات الزواحف • كانت له أسنان الزواحف وذيلها الطويل الكثير
الفقارات ، وكانت له أصابع ثلاثة مثل الطيور الا أنها كانت تنتهى بمخالب •

المصر الكرتاوى أو الطباشيرى

(مدته حوالى ٥٥ مليون سنة)

ما زالت الأمونيات تأخذ مكان الصدارة بين الفقاريات فى هذا العصر •
ولا زالت الزواحف الضخمة منتشرة ومتعددة الأنواع • وظهرت
الطيور الحقيقية فى هذا العصر غير أنها ما تزال محتفظة بأسنانها التى لم تفقدها
الا فى الحقب الثالث • ظهرت فى هذا العصر أيضاً كاسيات البذور فجأة ،
تعدد أشكالها بسرعة • وكان طابع النباتات فى هذا العصر طابعاً حديثاً • أى
أن أكثر العائلات النباتية الحديثة كانت ممثلة فيه مثل : النخيل ، القار ،
الستديان ، النانوليا ، الكافور •

توزيع صخور حقب الحياة الوسطى

فى الجمهورية العربية المتحدة

(١) العصر الترياسى :

ثبت وجود صخور تنسب الى هذا العصر فى منطقة عريف الناقة
بالقرب من الحدود الفلسطينية ، وذلك بعد الدراسات التى أجريت وأثبتت
أن هذا الجزء من الاقليم كان مغوراً بمياه البحر وخصوصاً فى الجزء
الساكن من هذا العصر - وقد تكون أجزاء أخرى فى شمال سيناء تابعة
لهذا العصر ، الا أنها ليست ظاهرة فوق سطح الأرض أو ربما تكون لم
تكتشف للآن - وعلى كل حال فإنه يُمكننا أن نخمن أن الجزء الشمالى
من مصر كان جزءاً منه مغوراً بهذا البحر خلال جزء من هذا العصر ، ثم لم
تلك الظروف أن تفسرت وارتفعت الأرض وترسبت طبقات من الصخر
الرملى النوى وخصوصاً فى "المرسى" و"دراوى" •

(٢) العصر الجُور أوي :

بدأ هذا العصر بترسيب صخور رملية تحت ظروف قارية كما هو ثابت ، في منطقة المنارة في شمال سيناء ، ولكن هذا لم يدم طويلا ، اذ تعرض شمال المنطقة لحركات أرضية سالية كان من نتيجة انخفاضه أن غمرت مياه البحر ، خصوصا في أواسط هذا العصر ، جزءا كبيرا من المناطق الشمالية ولا سيما في منطقة خليج السويس وما يجاورها ، ولذلك فانا نجد رواسب بحرية منتشرة في حشم الجلالة وفي شمال سيناء ، وتحتوي هذه الرواسب على صخور متعددة من الطفل والمارل والحجر الجيري ذو السحنة البحرية والتي بأنواع متعددة من الحفريات .

ومما يجدر ذكره أن بعض هذه الصخور ظهر أنها ترسبت تحت ظروف دالية (دلتا) ، عثر فيها على طبقات من الفحم كما هو ثابت في منطقة عيون موسى والمنارة .

وبالقرب من نهاية هذا العصر ارتفعت الأرض مرة أخرى ، وأصبحت الرواسب القارية من الحجر الرملي النوبي ، وهذا ثابت في صخور كثيرة من المناطق التي ذكرناها .

(٣) العصر الكريتاي (الطباشيري) :

تتشر صخور العصر الكريتاي انتشاراً كبيراً في الجمهورية العربية المتحدة ، كما هو ظاهر من الخريطة الجيولوجية ، وخصوصاً فيما يختص بالرواسب البحرية ، ومع أنه كانت تغلب الظروف القارية في أوائل هذا العصر ، كما هو ثابت من ترسيب الصخر الرملي النوبي ، إلا أن الحركات الأرضية أثرت تأثيراً كبيراً على الأرض ، فلم تلبث أن انخفضت في أواسط العصر الطباشيري وأدّى ذلك الى انغمار الأرض بماء البحر المتوسط مدة طويلة . وهذا واضح في الرواسب البحرية الطباشيرية المنتشرة في الصحراء الشرقية والغربية وفي وادي النيل ، والتي وصلت الى أقصى الجنوب بالقرب

من أسوان ، واستمرت مدة طويلة كان من أثرها ترسب كميات ضخمة من
المارل والطفل والحجر الجيري المنتشر في أدفو والأقصر والواحات ومنطقة
القصر ووادي قنا •

وبالقرب من أواخر هذا العصر ظهرت حركات أرضية كان من أثرها
تقهقر البحر شمالاً بدرجات بطيئة نسبياً وخصوصاً في الجنوب ، وهذا
ما أدى الى وجود شبه توافق بين طبقات هذا العصر وطبقات العصر الايوسيني
الذي يليه •

أما في الشمال فانه نظراً لشدة تأثيره بالحركات الجبلية ، فان الأرض
تأثرت بحركة بناء الجبال ، كان من أثرها خلق مرتفعات وجبال عديدة في
شبه جزيرة سيناء وفي جبل شبراويت وجبل أبو رواش والواحات البحرية ،
وأدت هذه الحركة الجبلية الى وجود حالة عدم توافق في تلك المناطق •

ومما يجدر الإشارة اليه أن الطبقات العليا من هذا العصر تحتوى على
خام الفوسفات المنتشر وجوده في القصر وسفاجية والسباعية والحارجة والداخلية •

الميزات الاقتصادية لصخور حقب الحياة الوسطى

(١) في العصر الجورائى :

تحمل الصخور الطفلية والطينية التي تنتمي للعصر الجورائى الأوسط
والأسفل طبقات متوسطة السمك من الفحم • وقد اكتشفت هذه الطبقات
حديثاً في الآبار العميقة التي حفرت في منطقة عيون موسى الى الجنوب
الشرقى من السويس في شبه جزيرة سيناء وفي وادى النطرون • ويبلغ
متوسط سمكها حوالى المائة سنتيمتر ، كما اكتشفت طبقات قريبة من السطح
في منطقة جبل المنارة بشمال سيناء ، وتجرى الأبحاث الآن لمعرفة نوع
الفحم الجورائى وصلاحيته للصناعة وامتداده تحت الأرض وخاصة في
منطقة عيون موسى والمنارة ، والتأرجح مبشرة بإمكان استغلاله اقتصادياً
في القريب •

(٢) فى العصر الكريتائى (الطبائىرى) :

أ - رواسب الحديد البَطْرُوحِيَّة : توجد هذه الرواسب ضمن تكوين

الحجر الرملى التوبى بالمنطقة شرق مدينة أسوان • ويوجد الخام فى نطاقين : السفلى ، ويتكون من طبقة واحدة سمكها يتراوح بين ٣٠ ، ٤٠ سم فى المتوسط ، ولكن قد تبلغ فى بعض الأماكن ١٠٠ سم ونصف من الأمتار ، أما النطاق العلوى فيتكون من طبقتين أو ثلاثة ، يفصل بينها طبقات من الرمل والطين • ويتراوح سمك هذه الطبقات بين ٢٨ سم ، ١٩٤٨ مترا ، وأقصى سمك لها ٣٥٠ مترا ويقدر احتياطى الخام بهذه المنطقة بحوالى ١٢٠ مليون طن • وتَسْتَغَل شركة الحديد والصلب المصرية هذا الخام فى الوقت الحاضر •

ب - رواسب الفوسفات : توجد هذه الرواسب فى ثلاث مناطق رئيسية هى :

١ - منطقة ساحل البحر الأحمر ، وتضم سفاجة والقصر •

٢ - منطقة وادى النيل ، حيث توجد الرواسب الفوسفاتية بالقرب من ضفتى النيل فيما بين مدينتى أدفو وقنا ، وبالأخص عند بلدتى السباعية والمحاميد •

٣ - منطقة الصحراء افرية ، وتضم الواحات الخارجة والداخلية • وتوجد رواسب الفوسفات فى هيئة طبقات يصل سمكها فى بعض الأحيان أكثر من مترين ، وتحتوى على عظام ، وأصداف ، وقطع صخرية ، وحببات كوارتز ، ومواد طينية •

حقب الحياة الحديثة (الحقب الكاينوزوى)

(مدته حوالى ٧٠ مليون سنة)

المميزات الأحيائية العامة :

بانتهاى حقب الحياة الوسطى حدثت تغيرات شاملة وعميقة فى الأحياء التى كانت تأهل بها الكرة الأرضية • فالأمونيات التى ظلت تسيطر على

الحياة اللافتقارية فى البحار عشرات الملايين من السنين احتفت تماما ولم تترك لها خلفاً ، كذلك احتفت البلعنات التى كانت تنافسها فى هذه السيطرة . وفى الحياة القفارية حل بالدينوصورات نفس المصير ، فاحتفت من البر والبحر والهواء ، ولم يبق من طائفة الزواحف كلها الا تلك الأجناس القليلة التى نعرفها الآن .

ولقد ترك اختفاء الدينوصورات المجال متسعاً أمام الثدييات لتتلاءم الأرض وتؤول إليها السيادة فى البر والبحر . وقد اتخذت الثدييات فى هذا الحقب كل الأشكال المختلفة تقريباً التى شاهدها فى الدينوصورات لتلائم جميع البيئات . ولكن الثدييات لم تسيطر على الهواء كما فعلت الدينوصورات الطائرة . ذلك لأن هذه البيئة كانت قد بدأت تسيطر عليها الطيور التى انتشرت فى أوائل هذا الحقب .

وعلى العموم فإن الحياة فى حقب الحياة الحديثة سواء منها الحيوانية أو النباتية كانت أكثر شبيهاً بالحياة الحديثة التى نعيشها الآن منها بالحياة فى الأحقاب السابقة ، بل أن هذا الشبه كان يزداد شيئاً فشيئاً خلال هذا الحقب كلما اقتربنا من عصرنا الحديث ، حتى أن هذا التدرج استعمل فى الاستعانة على تقسيم الحقب الى سبعة عصور استمدت أسماءها من المقاطع اللاتينية التى تفيد هذا المعنى كالاتى :

(٧) الهولوسين أو الحديث	Holocene or Recent	أى الحديث تماماً .
(٦) البليستوسين	Pleistocene	أى الحديث أكثر .
(٥) البليوسين	Pliocene	أى الحديث كثيراً .
(٤) الميوسين	Miocene	أى الحديث المتوسط .
(٣) الأليجوسين	Oligocene	أى الحديث نوعاً .
(٢) الأيوسين	Eocene	أى فجر الحديث .
(١) الباليوسين	Paleocene	أى الحديث العتيق .

ويفصل كثير من المؤلفين هذه العصور السبعة الى مجموعتين ، تشمل المجموعة الأولى أو الأقدم ، الخمسة العصور الأولى ويسمونها الحقب

الثالث Tertiary Era على أساس أن حقب الحياة القديمة هو الحقب الأول ، وحقب الحياة الوسطى هو الحقب الثاني ، والمجموعة الثانية أو الأحدث ، وتشمل عصر البليستوسين ، والحديث ويسمونهما الحقب الرابع .

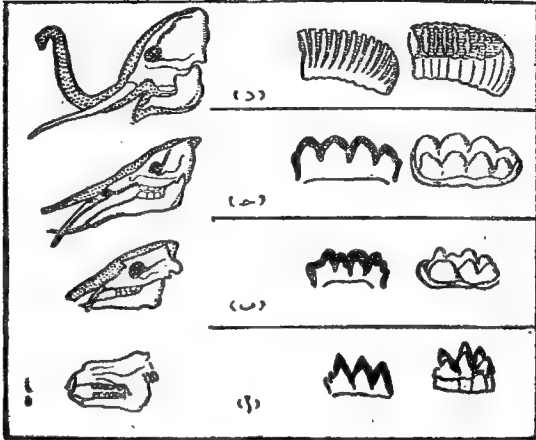
الحياة النباتية :

أشرنا قبل ذلك الى أن النباتات كاسيات البذور بدأت في الازدهار أثناء العصر الكريتاوى وهذه بلغت أوجها في خلال حقب الحياة الحديثة ، فتكونت منها الغابات الكثيفة التي غصت بأجناس وأنواع عديدة . فبالإضافة الى عاريات البذور الممثلة بأشجار الصنوبر والأرز وغيرها ، ظهرت أجناس كثيرة من مظغة البذور ، ككثير من الأشجار المألوفة الآن مثل الحور والزيزفون والقرو والكستاء والنخيل والكافور والغاب وغير ذلك . ولأول مرة ظهرت الحشائش الحقيقية التي غطت مساحات شاسعة ، وكذلك كثير من النباتات الحولية المعروفة .

أمثلة من تطور الثدييات في حقب الحياة الحديثة

رأينا في الباب السابق كيف تطوّر الحصان من حيوان صغير في حجم الثعلب ذى أسنان مدببة قصيرة الى شكله الحالي ، وما يمتاز به من أسنان طويلة معقدة لتقاوم البرى الناتج من تطور الأعشاب الخشنة في نفس الوقت مع تطور الحصان .

ولنرى الآن بعض الأمثلة الأخرى من تطور الثدييات في الحقب الثالث ، ومن أهم الأمثلة التي درست سلسلة تطور الفيل التي لم تفهم جيداً الا بعد اكتشاف الحلقتين الأوليين منها في صخور الجمهورية . وبين شكل (٢٧) حلقات هذا التطور ويمكن تلخيصها كالآتي :



شكل (٢٣)
(تطور الفيل في حقبة الحياة الحديثة)

الحلقة ٤ : الفيل Elephant في الحديث بافريقيا وآسيا •

الحلقة ٣ : ماستودن Mastodon في ميوسين أوروبا •

الحلقة ٢ : باليوماستودن Paleomastodon في أوليجوسين النجوم •

الحلقة ١ : مورثيريوم Moretherium في ابوسين النجوم •

ويمكن أن يرى أنّ هذا التطور اتبع خمسة اتجاهات ، هي :

أولا : الازدياد في الحجم ، إذ أنّ حجم المورثيريوم الذي وجد في طبقات الإيوسين الأعلى بالقرب من بحيرة قارون لم يزد على حجم كبش صغير •

ثانياً : الاستطالة فى الأنياب العليا حـ تكونت أنياب الفيل المعروفة •

ثالثاً : هذا الاتجاه هو استطالة الفك الأسفل فى أول الأمر ليساعد على استخراج الجذور التى كان يتغذى عليها الفيل الأول ، ثم تراجع الفك واختفاء الأنياب السفلى تبعاً للتغير فى غذاء الفيل بعد ذلك من الجذور الى أوراق الأشجار •

رابعاً : تغير شكل الأسنان الماضغة من النوع المحبب الصغير وازديادها تعقيداً حتى أصبحت من النوع المرتفع الكثير الثنيات لتتحمل مضغ أوراق الأشجار الخشنة •

خامساً : استطالة الخرطوم (الأنف) شيئاً فشيئاً كما يدل على ذلك الارتفاع التدريجى فى الجزء الخلفى من الجمجمة ، حتى تتسع المساحة التى تتصل بها عضلات الرقبة التى تحرك الرأس بحملها الثقيل الذى يشمل الخرطوم والأنياب الثقيلة • وقد وافق هذه الزيادة فى حجم الجمجمة وجود فجوات هوائية داخل عظامها حتى لا تزداد ثقلاً تضع مع الفائدة من اتساع مساحتها •

أسباب تطور الحصان والفيل :

يجب أن نذكر هنا أن تطور كل من عائلتى الحصان والفيل كان مرتبطاً ارتباطاً وثيقاً بنقطتين تختصان بطريقة الحياة •

الأولى : نوع الغذاء ، وقد رأينا كيف تطورت الأسنان فى كل من العائلتين لتلائم نوع الغذاء الذى اضطرت أن تعيش عليه •

الثانية : الدفاع عن النفس ، فالعائلة الأولى (عائلة الحصان) اتخذت الهرب (أى الجرى السريع) طريقة للنجاة من أعدائها ، إذ أنها كانت تعيش

فى سهول فسيحة ترعى الحشائش بها • ولذلك استطالت أطرافها وتطورت
كما رأينا قبلًا •

أما الفيلة : فقد انتقلت الى الغابات لتعيش على أوراق الأشجار ،
ولكنها كانت تضطر هناك الى الدفاع عن نفسها ضد الثور المقترمة التى
كانت تقفز على ظهورها وتطعنها بأنيابها الحادة ، ولذلك تكون عندها ذلك
الخرطوم الضخم الجبار لتضرب به عدوها وتلقيه من فوق ظهرها •

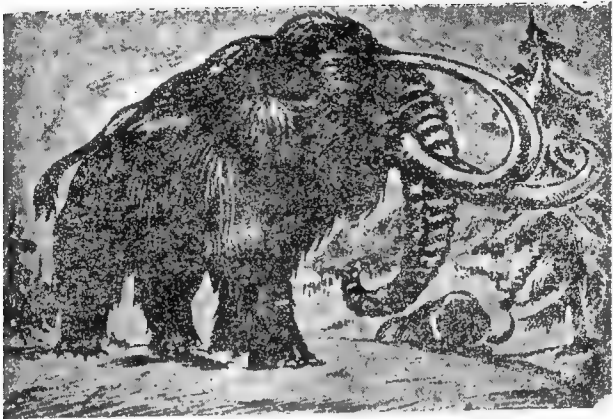
ومن أشهر الثور التى عاصرت الفيلة والخيول القديمة ووجدت
حفريات عظامها وأنيابها فى صخور الحقب الثالث ، النمر المقترض ،
ذو الأسنان الخنجرية ، وقد عاش أثناء عصر البليوسين وبلغ طول أنيابه
المليا حوالى الربع متر •

الرئيسيات :

هذه مجموعة من الثدييات العليا ، بدأت تطورها منذ بداية الحقب
الثالث ، ولكنها لم تأخذ مكاناً بارزاً بين الثدييات قبل بداية عصر الميوسين ،
وهى المجموعة التى تنتمى إليها تلك الثدييات البسيطة ، كالقردة والغوريلا ،
والأورانج أوتان ، والجيبون ، والشمبانزى ، والإنسان • ويلاحظ من
حفريات هذه المجموعة أنها تطورت تطوراً واسعاً جداً فى عصر الميوسين
حتى أنها حجت أهمية الثدييات الأخرى تماماً •

وفى نظر بعض المؤلفين يجب ألا نعتبر حقب الحياة الحديثة كله كمهد
لثدييات ، إذ أن عهد الثدييات كمجموعة واحدة ينتهى بنهاية عصر الميوسين ،
أما عصر البليوسين والبليستوسين فهما عهد سيادة الرئيسيات ، والحديث هو
عهد الإنسان •

وقد وجدت حفريات كثيرة توضح حلقات تطور الرئيسيات ، وأقدم
هذه الحفريات ما جاء من صخور الأليجوسين فى منطقة الفيوم ، ومن صخور



شكل (٢٤)

حيوان الماموث الذي كان يعيش في عصر البليستوسين والذي حفظ جسمه كاملاً في الجليد دون أن يطرأ عليه تحلل أو تغيير

الموسين في بلاد كثيرة ، وخاصة في أوروبا ، ومن صخور البليوسين وجدت حفريات هامة للرئيسيات في وسط وجنوب أفريقيا . أما حفريات العائلة الانسانية فلم توجد منها آثار مؤكدة الا في صخور البليستوسين والحديث .

ومن أشهر حفريات العائلة الانسانية أو البشرية تلك الهياكل والجماجم التي وجدت لأجناس منقرضة من البشر ، مثل انسان جاوة القديم *Pithecanthropus erectus* ، ومعناه القنرد الادمي الذي يمثل متصباً ، شكل (٢٥ - ١) يمثل جمجمته التي وجدت في صخور الحقب الرابع في جاوة ، وشكل (٢٥ - ب) يمثل تصوراً لما كان عليه الشكل الكامل لهذا الجنس المنقرض من البشر .



شكل (٢٥)

انسان جاوة المنقرض (بتيكانثروبيوس)
١ - تصور للرأس الكاملة . ب - الجمجمة .

والمثال الثاني هو انسان نياندرتال . *homo reanderthalensis* .
(شكل ٢٦ ، ب) وقد اكتشفت بقايا من جمجمته وبعض عظامه بالقرب من
مدينة دسلدورف بألمانيا ، ويبدو أنه كان يعيش في أزمنة أحدث من التي
عاش فيها انسان جاوة ، إذ أن عصر الصخور التي اكتشفت فيها بقاياه قدر
بأنه حوالي نهاية عصر البليستوسين ♦



شكل (٢٦)

انسان نياندرتال المفترض

١ - تصور للرأس الكاملة . ب - الجمجمة .

وهناك أمثلة أخرى لأجناس وأنواع منقرضة من البشر تتوالى بها الاكتشافات . أما الإنسان الحديث نفسه ، أو الذي يسمى *homo sapiens* أى الإنسان العاقل ، فلم يثر على بقايا هياكله في تلك الصخور القديمة ، ولكن عثر على الكثير منها في عصور المولوسين ، أو العصر الحديث ، وهي لا تختلف بالمرّة عن بقايا الإنسان الحالى . ومن ثم فليس لها قيمة فى تاريخ صخور العصر الحديث . إلا أن الإنسان الحديث ، وهو فى تعريف آخر له يسمى الإنسان صانع الآلات *Tool maker* قد ترك فى الفترات المتعاقبة لتاريخه أثناء العصر الحديث نماذج من الآلات التى كان يستعملها ،

وهذه كان ينتجها من الحجر والصوان في أوائل الأمر فيما يسمى بالعصر الحجري للإنسان ، ثم انتقل بعد ذلك الى صنعها من الفلزات كالبرونز والحديد •

وقد أمكن من دراسة آلات العصر الحجري للإنسان التي وجدت في صخور العصر الحديث تقسيمه الى حضارتين متعاقبتين : حضارة قديمة ميزت الجزء الأقدم من هذا العصر ، وتمتاز الآلات التي كانت تستعمل فيها بأنها بدائية غير مهذبة ، أو أنها مشكلة بدرجة غير دقيقة ، وهذه تميز ما يسمى بالعصر الحجري القديم للإنسان (Plaeolithic) وحضارة أحدث تمايز الآلات الحجرية فيها بدرجة أعلى من التهذيب والنحت والتشكيل ، للأغراض المختلفة ، وهي تميز ما يسمى بالعصر الحديث للإنسان (Neolithic)

توزيع صخور حقب الحياة الحديثة في الجمهورية العربية المتحدة

(١) الباليوسين والايوسين :

كان من أثر انتماء الجزء الجنوبي من الجمهورية بالبحر في الايوسين الأسفل كما ذكرنا ترسب كميات هائلة من الرواسب البحرية في أوائل هذا العصر ، وذلك ثابت من الهضبة الجيرية الموجودة على ضفتي وادي النيل والتي تمتد في الصحراء الشرقية والغربية جنوباً •

وتتأثر الحركات الأرضية في أواسط هذا العصر انحسر الماء شمالاً ، وكانت حدود البحر بالقرب من أسيوط على وجه التقريب حيث نجد صخور الايوسين الأوسط الجيرية تملو صخور الايوسين الأسفل الممتدة جنوباً وتمثل في الجزء من الهضبة المحصور بين أسيوط والقاهرة هذه الصخور الجيرية ، والذي يَفْحصُ منطقة جبل المقطم مثلاً يشاهد نموذجاً رائعاً لترسب طبقات الايوسين الأوسط ، ويلاحظ كذلك كميات ضخمة من الحفريات البحرية المميزة للمستويات المختلفة •

وفى أواخر هذا العصر بدأت الأرض ترتفع ، وتتج عن ذلك تهقر البحر شمالاً ، ولهذا فأننا نجد أن صخور الايوسين العلوية منتشرة فى منطقة الفيوم والقاهرة ، وكذلك فى أجزاء مختلفة من شبه جزيرة سيناء وتُحْتَبَر هذه الصخور حلقة اتصال بين الصخور البحرية والقارية وبها كمية كبيرة من الصخور الرملية الجيرية الشاطئية .

(٢) الأليجوسين :

ارتفعت الأرض كما ذكرنا فى أواخر العصر الايوسينى ارتفاعاً كبيراً أدى الى وجود بيئة قارية فى الشمال كان من أثرها ترسب الصخور الرملية الشائعة والمنتشرة فى الجبل الأحمر ، وطريق السويس ، وشبه جزيرة سيناء . وتتميز هذه الرواسب الرملية بوجود كتل من الخشب المتحجر تنج عن انتشار الغابات فى هذا العصر والتي لم تحفظ لتتحول الى فحم ، ولكنها للأسف تعرضت لمياه بركانية حارة غنية بالسليكا فتحجرت وتحولت الى غابات متحجرة . وفى بعض الرواسب كما فى منطقة الفيوم عثر على بقايا عظام القيلة وغيرها من الثدييات والحيوانات التى كانت تعيش فى هذه الغابات الكثيفة .

(٣) الميوسين :

لم تدم الحالة القارية كثيراً فى الشمال ، اذ أن الأرض تعرضت لانخفاض فى هذا العصر أدى الى انغمار الأرض مرة ثانية بمياه البحر فترسبت صخور بحرية كثيرة الانتشار فى الجزء الشمالى مثل طريق السويس وساحل البحر الأحمر وساحل شبه جزيرة سيناء . ويجدر أن نذكر هنا أن هذه الصخور تمثل عدة بيئات مختلفة بعضها بحرية وبعضها متوسطة وبعضها قارية ، ولذلك فأننا نجد مجموعة ضخمة من هذه الرواسب التى تمثل ظروفاً متنوعة . وعلى خليج السويس وساحل البحر الأحمر تنتشر الصخور الجبسية التى تنج من البحيرات القديمة والتى يبلغ سمكها مئات الأمتار ، بل ما يزيد على ألف متر فى بعض المناطق .

(٤) البليوسين :

ارتفعت الأرض في نهاية العصر السابق وتقهقر البحر شمالاً ، ولكن لم تلبث الأرض أن انخفضت في أواسط هذا العصر مما أدى الى انغمارها مرة أخرى بالبحر الذى غطى الجزء الشمالى من الجمهورية .

ويلاحظ أن وادى النيل كان قد تكون قبل هذا الانغمار مما أدى الى دخول مياه البحر فى وادى النيل ، وهذا ثابت فى توزيع الرواسب فى منطقة أبى الهول (كوم الشلول) وكذلك فى مجرى وادى النيل حتى بنى سويف .

ويجدر ملاحظة أن الدلتا فى هذا الوقت كانت قريبة من الفيوم ، ولذلك فانتا نجد عظام حيوانات منتشرة مثل الزرافة والعام والتماسيح وغيرها فى شمال الفيوم .

(٥) البليستوسين والحديث :

تشمل الصخور الحديثة نسبياً المنتشرة على ساحل البحر المتوسط بالقرب من الاسكندرية والسلوم وشمال سيناء وهى رواسب غنية بكثير من الحفريات التى تشبه الحيوانات التى تعيش حالياً بالبحر المتوسط ، كذلك تُنسب اليهما الكبان الرملية الضخمة الموجودة فى الصحراء الغربية ، والرواسب المرجانية المنتشرة على ساحل البحر الأحمر .

المميزات الاقتصادية لصخور حقبة الحياة الحديثة

فى الجمهورية العربية المتحدة

العصر الايوسينى :

رواسب الحديد بالوحدات البحرية : تغطى طبقات خام الحديد مساحة قدرها حوالى ٢٥ كيلو متر مربع ، ويبلغ سمكها حوالى عشرة أمتار ، ويتكون الخام من أكاسيد الحديد المختلفة (ليمونيت) وقد تكونت هذه

الرواسب نتيجة للترسب في صخور الايوسين الجيرية من مياه ضحلة •
ويقدر خام الحديد بهذه المنطقة بحوالى ١٠٠ مليون طن •

العصر الميوسينى :

يمكن تصنيف الرواسب المعدنية التى تكونت فى عصر الميوسين الى
اربعة أقسام :

(١) رواسب الرصاص والزنك :

التي توجد فى مناطق عدة على ساحل البحر الأحمر وأشهرها منطقة
أم غيج على بعد ٥٠ كيلو مترا جنوب غربى مدينة القصير • وقد تكونت
هذه الرواسب نتيجة للاحلال فى صخور الميوسين الجيرية • وتتكون
الرواسب من معادن عدة من بينها سفاليريت (كبريتيد الزنك) وجالينا
(كبريتيد الرصاص) ويقدر احتياطى الخام بمنطقة أم غيج ٤٠٠٠٠٠ طن ؛

(٢) رواسب الكبريت :

يوجد الكبريت فى جيوب وعدسات متفرقة فى صخر الجبس ، كذلك
فى هيئة طبقات رقيقة متبادلة مع طبقات الجبس والطفل ، وذلك بمنطقة
رَنَجَة على ساحل البحر الأحمر • أما فى منطقة جمسة على ساحل البحر
الأحمر أيضاً (بالقرب من الفردقة) فيوجد الكبريت مع صخر الانهيدريت •

(٣) رواسب المنجنيز الحديدية :

وقد حلت هذه الرواسب محل الصخور الجيرية الدولوميتية التابعة
للعصر الكربونى • وتوجد بمنطقة أم بجما يشبه جزيرة سينا ، أما رواسب
المنجنيز الموجودة فى شمال حلايب فى وادى ميايك بجنوب الصحراء
الشرقية ، فقد تكونت بملء المحاليل الحاملة للمنجنيز والحديد للشقوق
الموجودة فى صخور المنطقة •

(٤) زيت البترول :

يوجد زيت البترول في التراكيب البنية المناسبة لاحتزانه في صخور عصر الميوسين على جانبي خليج السويس • وأول اكتشاف لزيت البترول في مصر كان في جبل الزيت حيث كان يرشح فوق مياه الآبار والميون •

ثم لوحظ وجوده بعد ذلك في مغارات استخراج الكبريت من صخور الميوسين في منطقة جمسة على البحر الأحمر سنة ١٨٨٥ ومنذ ذلك التاريخ توالت الأبحاث وأعمال التنقيب عن زيت البترول في مصر ، وتم إنشاء أول حقل لاستغلال البترول في جمسة سنة ١٩١٠ وأهم حقول البترول التي توالى الكشف عنها منذ ذلك التاريخ هي :

(١) على الجانب الغربي لخليج السويس : حقول الفردقة ورأس غارب ورأس بكر •

(٢) على الجانب الشرقي لخليج السويس (سيناء) : حقول مسد وعسل ورأس مطارمة وفيران وبلاعيم وأبو روديس •

المصر الحديث :

ترسب الرمال السوداء في الوقت الحاضر من مياه النيل عند مصبه في البحر المتوسط بالقرب من رشيد ودمياط • وتضم هذه الرواسب معادن الالمنيوم ، ماجنتيت ، زركون ، جازنت ، مونازيت ، ورمال خضراء (معادن سليكاتية مختلفة) • ويحتوى المونازيت على حوالي ٥ ٪ أكسيد الثوريوم - وترسب الرمال السوداء على الشاطئ نتيجة لعمليات الفرز التي تقوم بها الأمواج والتيارات البحرية ••

تدريبات عملية

(١) افحص عينات للأشكال المختلفة من الحفريات الموجودة في طبقات صخور المنطقة التي توجد بها مدرستك ، وتعرف على أسمائها والعصر الذي تنتمي إليه .

(٢) انقل الخريطة الجيولوجية للجمهورية العربية المتحدة على ورقة شفافة، وضع عليها حدود توزيع العصور الجيولوجية المختلفة فقط (لا تنقل الأشكال المختلفة من الشرط والنقاط) ، ثم بأقلام ملونة لَوِّن كل عصر من العصور باللون المعروف به كما سيأتى :

- (١) ما قبل الكامبري (أحمر وردي فاتح) .
- (٢) الكربوني (رمادي) .
- (٣) الصخر الرملي النوبي (بني فاتح) .
- (٤) الترياسي (بني داكن) .
- (٥) الجوراسي (رمادي داكن) .
- (٦) الكريتاسي (أخضر فسقي) .
- (٧) الايوسين (أزرق سماوي) .
- (٨) الأوليغوسين (برتقالي) .
- (٩) الميوسين (أصفر) .
- (١٠) البليستوسين والحديث (يترك أبيض) .

(٣) اذا قمت برحلة الى المتحف الجيولوجي بالقاهرة ، فادرس ما يلي ، ودون ملاحظتك ومعلوماتك في كراسة صغيرة .

- (١) الخريطة الجيولوجية للجمهورية العربية المتحدة .
- (٢) الحفريات الموجودة في الجمهورية العربية المتحدة .
- (٣) أنواع الصخور المختلفة وأماكن وجودها بالجمهورية .

مسئلة

(١) فى طبقات وصخور أى عصر من العصور الجيولوجية توجد معادن العناصر والحامات التالية فى الجمهورية العربية المتحدة ؟

(١) الرصاص والزنك •

(٢) الكروميت •

(٣) خام الحديد البطروخى •

(٤) المنجنيز •

(٥) الالمنيوم •

(٢) اذكر ثلاثة أنواع من الصخور والرواسب المعدنية الموجودة ضمن
تكاوين كل من العصور الجيولوجية التالية :

(١) ما قبل الكامبرى •

(٢) الكريتائى •

(٣) الميوسين •

(٤) الحديث •

الباب الثالث

الجيولوجيا في خدمة الإنسان

تعريف :

درسنا في المناهج والأبواب السابقة : تركيب الأرض من معادن وصخور ، والأشكال المختلفة لهذه الصخور من عروق أو كتل أو طبقات ، والعوامل المختلفة التي تؤثر على هذه المادة الأرضية ، سواء أكانت على السطح أم من الداخل . ثم جمعنا الحوادث المختلفة التي مرت بالأرض منذ نشأتها ، والحياة التي أهلّت بها منذ بدئها . ووصلنا إلى معرفة شيء عن التاريخ الجيولوجي للكرة الأرضية . ان هذه هي المعلومات الأساسية في هذا العلم ، وبجانب قائمتها الثقافية فلها فوائد اقتصادية عديدة . ان علم الجيولوجيا مرتبط ارتباطاً وثيقاً بالفنون الصناعية . ويكاد يكون استغلال خامات المعادن والانتفاع بها كما هي ، أو استخلاص الفلزات الثمينة منها - شيئاً ملازماً لحضارة الإنسان منذ القديم .

لقد استعمل الإنسان أوّل ما استعمل في حياته مواداً غير فلزية ، هي : الصوّان والكوارتز ، وأحجار صلبة ، وأخرى رخوة ، وذلك لعمل أسلحته وأدواته ولأغراض الحفر . ولقد استعمل الطين إلى درجة كبيرة في أوّل الأمر في صناعة الفخار ، ثم بعد ذلك في صناعة الطوب . ان استعمال الطين يعتبر - بدون شك - أوّل صناعة مدنية قام بها الإنسان منذ قديم الزمان ، وعلى نطاق واسع ، وظلت باقية حتى وقتنا هذا . وقد اكتشفت أدوات فخارية ، يرجع تاريخها إلى أكثر من عشرة آلاف سنة وتصل إلى ثلاثين ألف سنة قبل الميلاد . لقد استعمل البابليون والمصريون القدماء ألواح الطين والقار والطوب بكميات كبيرة في بناء مدُنهم ، وفي الري ، وفي مواد الكتابة . وبعد ذلك استعملت أحجار البناء على نطاق كبير .

انّ بناء الأهرامات (٢٩٨٠ - ٢٩٢٥ ق.م) يُعتبر أكبر شاهد اثبات على هذه الصناعة المعدنية الضخمة التي قامت في تلك الأيام السحيقة ، وذلك اذا تذكرنا أنّ الهرم الأكبر يضم مليونين وثلاثمائة ألف (٢٩٣٠٠٠٠) قطعة ضخمة مكعبة الشكل تقريباً من الصخر الجبرى ، تزن الواحدة منها ٢٥ طن في المتوسط .

لقد استخدم انسان العصر الحجري القديم في الفترة ما بين ١٠.٠٠٠ ، ٧.٠٠٠ ، سنة ق.م . ثلاثة عشر نوعاً من المواد المعدنية ، تذكر من بينها الكوارتز بأنواعه والبيريت والكالسيت والكهرمان والتلك . كذلك استخدم المغرات المختلفة ، والبويات المعدنية ، أما في العصر الحجري الجديد فقد تعرف الانسان على الذهب والنحاس والفيروز ، وغيرها من المعادن . أما عن استخراج الأحجار الكريمة وصناعتها ، فقد وصلت الى مرتبة عالية من الفن أيام القدماء المصريين ، والبابليين ، الآشوريين ، والهنود . ولقد كان للأحجار الكريمة أهمية كبيرة عند قدماء المصريين ، وذلك لجمالها وروعها التي تأخذ بالنفوس ، وارتباط ذلك بعقائدهم في أسرار الحياة وما بعد الموت .

وفي أول الأمر بهرتهم ألوان الأحجار الكريمة ، فاستغلوها لألوانها ، فكان لون « أزرق الزهرة » ممثلاً في معدن الأزوريت ، واللون الأحمر في الكارنيليان . والبنفسجي في الأمثيست ، والأخضر في الملاكيت ، والأزرق المشوب بخضرة جميلة في الفيروز . كما استعملوا الزمرد والجارنت بعد أن صنعوا لها أوجها مصقولة ، أو شكلوها في هيئة كرات وأشكال يضاهيها ، واستعملوها في عقودهم . ويبدو أنه كان في تلك الأزمنة الفارزة نوع أو آخر من التجارة والتبادل بين الدول ، إذ يحتمل أن يكون قدماء المصريين قد حصلوا على معدن اللايز من أفغانستان التي تبعد ٢٤٠٠ ميلاً عن مصر . وبعد ذلك جاء اليونانيون ، وأضافوا الى المعادن المستعملة بعض الأحجار الكريمة الهندية ، مثل : السافير ، والتوباز .

ان أقدم مناجم استُغلّت كانت منذ حوالي ٤٠٠٠ سنة ، حين أرسلت
الفراغة البعثات المكونة من المهندسين والمستكشفين الى شبه جزيرة سيناء

حيث استغلوا معدن الفيروز ، ثم معادن النحاس ، ثم ذهبوا بعد ذلك الى الصحراء الشرقية ، حيث حفرُوا الأرض بمئات الثقوب ومداخل الأنفاق بحثاً عن الزمرد ، ويقال ان هذه الانشاءات المجدبة وصلت الى عمق يقرب من ٣٠٠ متراً ، وبلغت من الاتساع بحيث تسع لأربعمائة رجل بالعمل فيها دفعة واحدة . ويحتمل أن تكون أول الفلزات التي استعملها الإنسان القديم من النوع الذي يوجد في الحالة العنصرية - (معادن تركيبها الكيميائي عنصر واحد) . فيعتقد أن الذهب استعمل قبل النحاس ، والنحاس قد اكتشف حوالي عام ١٨٥٠ ق م ولقد استخلص الذهب من رواسب تجمعاته في الطمي والرمال ، وذلك بغسل هذه المواد الأرضية في أواني مملأة بالماء فيرسب فئات الذهب (التبر) الى القاع بسرعة وتبقى المواد الطينية وغيرها عالقة في الماء بعض الوقت .

وإزادات معرفة الانسان بالمعادن والصخور واستخدامه لها بمرور الزمن وأمكنه استخلاص الفلزات منها ، وانتقل من عصر النحاس والبرونز الى عصر الحديد وعصر الفحم ، وعصر البترول وحالياً عصر اليورانيوم .

وفي الصناعات الحديثة يركز استغلال خامات المواد المعدنية على الاتباط الموجود بين الجيولوجيا والتعدين ، وبينها وبين فن استبطان زيت البترول الخام . ويجب أن يقوم الجيولوجي بعمليات التحري والاستكشاف . خذ مثلاً احتياجات العالم الحديث للماء ، الفحم الحجري ، الحديد ، البترول ، المعادن غير الحديدية ، المضخات ، المواد الكيميائية . من أين نحصل على كل هذه المواد المختلفة ؟ ما هو مصدرها ؟ ان تحديد مواقع السدود والخزانات والأنفاق والمصارف ، وانشاء الطرق ومواد البناء ، يدخل كله في اختصاص الجيولوجي بجانب اختصاص المهندس المدني .

١ - انشاء الطرق

عند انشاء الطرق يواجه المهندس مشكلات عديدة ، بعضها يتعلق بالنواحي الجيولوجية والبعض الآخر يتعلق بالنواحي الهندسية . وقديماً

كانت المشكلات الهندسية هي التي تؤخذ في الاعتبار أثناء العمل ، بينما لا تلتقي المشكلات الجيولوجية أهمية تذكر . ويتقدم العلم والمعرفة أصبحت الدراسات الجيولوجية ذات أهمية قصوى في هذا الموضوع . وتتضمن الدراسات الجيولوجية للطرق ما يأتي :

- (١) العوامل الطبيعية التي تؤثر على متانة واستقرار الطريق .
- (٢) نوع وخاصية واختلاف وتوزيع الصخور التي تستعمل في إنشاء الطرق .

ويلاحظ أن ما سنذكره بخصوص إنشاء الطرق في المدن ينطبق أيضاً على طرق السكك الحديدية ، وطرق عربات النقل (الطرق الزراعية والجيبلية) .

أساسات الطرق والأنفاق : الصخور التي ستشأ عليها الطرق أو تقطع فيها الأنفاق إما أن تكون مفككة مثل الطمي والرمل والحصى ، أو متماسكة مثل الصخور النارية والرسوبية والمتحولة .

المنخفضات : عندما يقطع الطريق منخفضات كالوديان مثلاً ، فإن الأساس الصخري غالباً ما يكون بعيداً عن السطح . ويلاحظ أن الصخور المفككة التي تغطي في هذه المنخفضات هي غالباً من الحصى أو الرمل أو الطمي . وهذا ما يلاحظ في طريق البحر الأحمر . وقد توجد طبقة من النباتات المتحللة بجوار البحيرات كما هو مشاهد بطريق القاهرة - الاسكندرية الصحراوى بالقرب من بلدة العامرية . ولذا فانه من الأهمية بمكان أن تفحص هذه المواد فحصاً دقيقاً .

ويلاحظ أن الرمل الجاف أو الحصى يتحمل أثقلاً كبيرة ، بعكس الرمل اللين أو الطمي والبست (النباتات المتحللة) الذي له قوة احتسال صغيرة . وتتراوح قوة تحمل الرمل الجاف بين ٢ و ٤ طن على القدم المربع ، بينما نجد أنها في الرمل اللين ، تختلف من ربع طن الى طن واحد .

ويجب أن تكون أساسات كبارى السكك الحديدية ذات حجم كبير
يعكس أساسات قناطر عربات النقل التي غالباً ما تكون محدودة الحجم . وفي
كلتا الحالتين فانه من الضروري أن تؤسس هذه الأساسات على صخور
صلدة . وكثيراً ما تكون الصخور التي على جانبي الطريق ضعيفة ولهذا
خاصية الانزلاق .

الطرق في المنحدرات : يجب أن ننظر بعناية خاصة الى طبيعة وتركيب
الصخور اذا ما أُنشئ الطريق على منحدر أو مر خلال نفق صناعي ،
وفي كلتا الحالتين لا بد أن يجرى فحص الصخور بعد استخراج كل منها
ودراستها جيولوجياً .

والطمي غالباً ما يكون له قوة امتصاص عالية للماء ، لذلك فانه يلين
وينزلق عندما يكون مبتلاً . وحتى اذا لم يكن مبتلاً لدرجة الانزلاق فانه
يمتص ماء كثيراً يجعله ينتفخ . فاذا وجد هذا الطمي تحت الطريق أو النفق
فانه يؤثّر عليه ويغير من موضعه . ولذلك فانه في المناطق المطيرة تنشأ
مجارى لمنع وصول المياه الى الطين حتى لا يحدث الانتفاخ المذكور .

والرمل والحصى اذا لم يكونا نفاذين للماء قد يبقيا كما هما بعد
تعريتهما ، وكذلك قد يتفتتا أيضاً بتأثير التعرية . أما جلاميد الصخور الكبيرة
فانها عادة لا تتأثر وتظل قائمة لمدة سنوات عديدة في المناخ الجاف . وبالعكس
نرى أنها تتأثر بسهولة في المناخ الرطب وتفتت .

واذا وجدت في الأنفاق طبقات صلبة مع أخرى لينّة مثل حالة الحجر
الرملي مع الطفل اللين ، فان ذلك يؤدي الى الانزلاق . اذ أنه عند حدوث
تعرية الطفل اللين ، فان طبقات الحجر الرملي سوف تتأثر بذلك وتسقط .

مواد الطرق : تتضمن المواد الخام التي تستخدم في انشاء الطرق العامة

الطمي والرمل والحصى والزلط والجلاميد وحجر الكسر . والأنواع
المختلفة من الصخور المستعملة في انشاء الطرق يجب أن تؤخذ من مصادر

قريبة منها ، فعلى الجيولوجى أن يفحص مصادر الامدادات المحلية بعناية لمعرفة كمية وجود هذه الصخور وسمكها وامكانية الحصول عليها •

الخواص المطلوبة فى أحجار الرصف : فيما يلى الخواص المطلوبة فى الأحجار التى تلزم لانشاء الطرق •

(١) مقاومتها لعوامل التعرية : تعتمد مقاومة الصخر للتآكل بعوامل

التعرية الى حد كبير على صلادة وجمودة الصخر ، والصخور التى لها مقاومة عالية تكون أكثر ملاءمة من غيرها فى أعمال انشاء الطرق •

(٢) الصلادة : وتعنى بها خاصية مقاومة الصخر للخدش ببعض المواد

الساذجة مثل الرمل •

(٣) الجمودة : وتعنى بها مقاومة الصخر للكسر تحت الطرق

والضربات الناشئة بحدوة حصان على سبيل المثال •

(٤) قوة اللحام : هى قوة التماسك التى تربط مواد الصخر ببعضها

ببعض •

ويلاحظ أن بعض الصخور الناعمة (الترابية) لها خاصية الربط واللحام ، حتى أننا نجد أن الكتلة التى تتكون تصبح غير منفذة ولها قدرة كبيرة على السحب والمط •

الصخور المستعملة فى انشاء الطرق : يمكن تصنيف هذه الصخور الى

الاصناف كما يأتى :

(١) الصخور النارية : ترتب هذه الصخور حسب خاصية الجمودة

كما يأتى :

مرتبة من الأعلى جمودة الى الأقل •

(أ) الصخور الجوفية القاعدية والبركانية والقاعدية •

• (ب) الريوليت

• (ج) الجرانيت

كذلك يمكن ترتيبها بالنسبة لمقاومتها للتعرية كما يأتي :

• (١) البازلت

• (ب) الجابرو

• (ج) الريوليت

• (د) الجرانيت

أما من ناحية قوة اللحام ، فنجد أنها عالية في الصخور الجوفية القاعدية عنها في الصخور الحمضية . كذلك فهي مرتفعة في الصخور البركانية عنها في الصخور الجوفية الخشنة التبلور .

(٢) الصخور الرسوبية : يعتبر الصخر الجيري والدولوميت أنسب

الصخور المستعملة في انشاء الطرق ، ورغم أن مائتها تعتبر متوسطة الا أنه يمكن استعمالها في الطرق الكثيرة الحركة ، اذا أضيف اليها مخلفات البترول أو الأسمنت اللذان يعملان على تقويتها ، وفي هذه الحالة وجد أنهما يعطيان نتائج أحسن من الصخور النارية الجامدة . وكلما كان الحجر الجيري ناعماً وحييانه متساوية تقريباً في الحجم ، فانه يعطى قوة تماسك كبيرة تقوى بطانة الطريق .

أما الحجر الرملي فانه لا يستعمل على نطاق واسع ، لأن قوة التماسك فيه ضعيفة ، نظراً لاختلاف شكل حييانه ، وقد تستخدم الصخور الرملية الطينية أو الرملية الجيرية أو الرملية الحديدية في تأسيس الطرق لما لهذه المواد المختلفة من تأثير حسن على قوة التماسك .

ولا يستخدم الطفل لعمل الطرق عادة ، ولكن وجد أن الطَّفْل الذي يحتوى على أكاسيد الحديد له نتائج طيبة ، ويستعمل في بعض الأحيان في الطرق ذات الحركة الخفيفة .

(٣) الصخور المتحولة : معروف أن النيس أقل متانة من نظائره غير المتحولة ، ولكن مع ذلك فانه يوجد بعض النيس الصالح المشتق من أصل نارى . ولا يستخدم الرخام أو الاردواز فى الطرق ، أما صخر الكوارتزيت فيصلح فى بعض الأحيان كمادة لتغطية سطوح الطرق .

وتوجد فى الجمهورية العربية المتحدة أنواع لاحت لها تصلح للرصف ، ويستعمل منها فى القاهرة صخور البازلت من أبى زعبل ، والأحجار الجيرية من جبل المقطم ، والصخور الرملية المتماسكة من الجبل الأحمر .

٢ - حماية الشواطئ

تختلف الشواطئ المكونة من الصخور الرسوبية فى درجة مقاومتها لفعل الأمواج ويتوقف ذلك على الوضع البنائى للطبقات المكونة لها ، وكذلك على وجود الفواصل ودرجة انتشارها ، وتعتبر الشواطئ المكونة من تتابع متجانس من الطبقات الأفقية أو المائلة نحو البر أشد هذه الشواطئ مقاومة لفعل الأمواج . أما اذا كانت طبقات الشاطئ مائلة نحو البحر فان هذا يساعد على سرعة وكثرة حدوث الانهيارات الأرضية ، مما يؤدى الى اضعاف الشاطئ وسهولة تعريته .

وتحدث الانهيارات الأرضية بكثرة وسهولة كذلك على الشواطئ المكونة من طبقات متبادلة من صخور صلبة وأخرى رخوة كصخور الطباشير أو الحجر الجيري التى تغطى طبقات من الطفل أو الطين .

ومما يسهل العمل الهدمى للأمواج فى الشواطئ الرسوبية وجود الفواصل بكثرة وخاصة الرأسية منها ، فان التحات والتعرية يحدثان بسهولة على أسطح الفواصل ، مما يسهل توغل فعل الأمواج الى مسافات كبيرة .

وتتضمن الشواطئ من تأثير الأمواج الشديدة والتيارات البحرية وخاصة أثناء العواصف باقمة حوائط بحرية أو أرضية كما هو شاهد على شاطئ مدينة الاسكندرية أو بور سعيد وكذلك على شواطئ النيل .

وتُبنى هذه المنشآت موازيةً غالباً للشاطئ، وبعضها يُبنى مائلاً بزاوية كبيرة حتى يكون ذا تأثير كبير في صدّ الأمواج الشديدة ، وكلّ هذه المنشآت عبارة عن مواد صلبة مكونة من مواد صخرية كالزلط والرمل وغيرها ومختلطة بالأسمنت وتقاوم التيارات والعواصف الشديدة كما أن بعضها يدخل في تركيبه قطع خشبية متينة أو شرائح من الصلب .

ويلاحظ على الشاطئ ثلاثة أنواع من هذه المنشآت الأساسية :

- (أ) مائى قوية في شكل حوائط منفصلة أو متصلة وهى موجودة على شاطئ النيل والبحر المتوسط .
- (ب) أرصفة تُقام أيضاً بجوار هذه الحوائط كما هو الحال في شواطئ الاسكندرية .
- (ج) كل مكبة كبيرة الحجم توضع بجوار الحوائط البحرية وهذه يمكن مشاهدتها بكثرة في منطقة شواطئ رمل الاسكندرية (السلسلة) .

ويلاحظ أن هذه المنشآت تتركب من مواد متينة متماسكة قوية تصد الماء وتمنع نفاذه خلالها ، حتى لا تؤثر في الصخور الشاطئ . وهذه المنشآت ذات أهمية كبرى في حماية الشواطئ ، والا فان التيارات والأمواج قد تنفذ الى الصخور الشاطئية التي لا تلبث أن تتدهور .

وفي بعض البلاد نجد أن حماية الشواطئ قائمة على زراعة النباتات والحشائش الكبيرة التي تحمى الى حد كبير هذه الشواطئ من التدهور بفعل التيارات المائية . وفي هولندا تُسبّت قواطع خشبية كبيرة أمام الحواجز التي تُنشأ لهذا الغرض ، وتعتبر ذات تأثير قوى في صدّ الأمواج المتدفقة .

وفي الحقيقة ، ان لكل شاطئ طرق خاصة لحمايته ، توقف على نوع الصخور المكونة له ومدى اختلافها في الصلابة وقوة الاحتمال . كما أن هندسة أقامة حوائط البحر أصبحت تتطور بتقدم العلم . فقديمًا كانت

تُبنى في وضع رأسي ، ولكن وجد بالتجربة أن خير الأوضاع هي أن تكون هذه الحوايط منحدرّة ناحية البحر أو مقعرة في نفس الاتجاه ، ففي هذه الحالة تكون أكثر مقاومة لعوامل الهدم المائية .

٣ - السدود والخزانات

تشمّل الموارد العامة للمياه تلك التي تستمد مياهها محليا من مياه الأنهار ، وتلك التي تستمد مياهها من المياه الأرضية ، وتلك التي تحسّجز خلف خزانات تنشأ في أماكن معينة من مجارى الأنهار .

وقد تكون المياه التي تحسّجز في خزانات خلف السدود مياه الأمطار المحلية أو مياه تجلبها الأنهار الى أماكن الاستغلال ، وغنى عن البيان أن دراسة العوامل الجيولوجية لها أهميتها الكبرى عند اختيار مواقع الخزانات والسدود ، حيث أن أهم شروط في الخزان هي أن تكون أرضيته على أعلى درجة ممكنة من القدرة على الاحتفاظ بالمياه وعدم تسربها ، كما أن أساس السد لا بد أن يكون على أعلى درجة من المتانة .

العوامل التي تتحكم في اختيار موقع الخزان : هنالك عوامل غير

جيولوجية كثيرة تتحكم في اختيار موقع الخزان ، وذلك كقربه أو بعده عن المنطقة المراد امدادها بالماء ، وكمية الأمطار الساقطة ، وكذلك ارتفاع الخزان ، وغير ذلك . أما العوامل الجيولوجية : فيمكن دراستها تحت العناوين الآتية :

(١) جيولوجية منطقة التشرّب : إن طبيعة الصخور في هذه

المنطقة تؤثر على النسبة بين الماء المنطلق والماء المتخلل .

(٢) جيولوجية منطقة الخزان : منطقة الخزان هي المنطقة التي

ستغمرها المياه بعد اقامة السد ، ويجب ألا يكون بهذه المنطقة أى مجال لتسرب خطير للمياه خلال صخورها عندما تعرض للضغط الهائل الذي يسميه

الماء المخزون • وتطلب دراسة هذا الموضوع الحصول على خرائط جيولوجية دقيقة وتقارير وافية ، وكذلك معلومات كافية عن منسوب المياه الأرضية في المنطقة ، وعن مدى احتمال تغطية الخزان ومكان التغطية •

وأكبر المشاكل بخصوص اختيار منطقة الخزان هي ما يتعلق بجيولوجية الصخور الصلدة تحت الطبقات السطحية ، فقد تكون هذه الصخور ذات مسامية ونفاذية عالية ، وهذا يقلل من قدرة الخزان على الاحتفاظ بالماء • وأسوأ أنواع الصخور من هذه الناحية هي الصخور الجيرية والصخور الأخرى القابلة للذوبان ، وذلك لاحتوائها عادة على ما يسمى مجارى الذوبان التى تَتَسَرَّبُ خلالها كميات ضخمة من الماء أمام السد •

وعندما لا يكون هناك مَفَرٌّ من إقامة الخزان على مثل هذه الصخور ، فالعلاج يكون بحفنها بالأسفلت الساخن خلال مجموعة من الفتحات التى تحفر فيها •

وتعتبر صخور الجبس من أسوأ أنواع الطبقات فى مناطق الخزانات أيضاً ، حيث أنها أكبر ذوباناً من الصخر الجيرى نفسه • وقد فشلت بعض الخزانات تماماً بعد انشائها بسبب التسرب السريع للماء خلال طبقات من الجبس •

وأحسن أنواع الصخور التى لا تسمح بالتسرب ، صخور الطفل والاردوز والشمست والنيس والصخور النارية المتبلورة كالجرانيت • وهذه الصخور التى تكون منطقة خزان أسوان ، والمنطقة التى وراء السد العالى •

وعند اختيار موقع لخزان يُفَضَّلُ أن يكون الخزان فى مناطق ذات تركيب بنائى بسيط ، أى خالية من التجمعات والصدوع والفواصل الكبيرة • ويُفَضَّلُ دائماً وجود ميل عام للطبقات ناحية المنبع أو مصدر المياه ، عن أن يكون ذلك الميل ناحية المصب أو اتجاه التيار • كما يجب التأكد من أن أية طبقة مسامية ظاهرة فى المنطقة لا تؤدي الى تسرب خطير للمياه •

أما عن الصدوع (الفوالق) فإن وجودها يؤدي إما الى تسرب الماء من الخزان بعد انشائه ، أو في اندفاع الينابيع خلالها أثناء الانشاء ، مما يعرقل عمليات التنفيذ . وفي الحالة الأولى يمكن ملء الصدع بالطفل أو حقنه بالخرسانة ، أما في الحالة الثانية فيكون العلاج بخفض مستوى الماء الأرضي .

وتؤخذ ظواهر الانهيارات الأرضية كأدلة على عدم الثبات التركيبي في المنطقة ، وقد يؤدي تسرب بسيط في المياه خلال طبقة منفذة الى حدوث مثل هذه الانهيارات على مدى واسع في المنحدرات المجاورة للسد . ولذلك يجب تفادي مثل هذه المناطق ما أمكن ذلك .

ومن الاعتبارات الجيولوجية التي يجب الاهتمام بها بالنسبة للخزانات مشاكل التظمية ، فالمعروف أن الأنهار عند دخولها منطقة الخزان ترسب ما تحمله من فئات صخرية . وإذا تراكمت هذه الرواسب بكميات كبيرة فقد تؤدي الى رفع قاع البحيرة الصناعية خلف السد في عدد قليل من السنين ، مما يؤثر على صلاحية الخزان . وفي حالة احتمال حدوث التظمية الشديدة فلا بد من وضع تصميم يسمح بطرد الرواسب خلال السد وغسل الخزان على فترات بطريقة أو أخرى .

(٣) جيولوجية منطقة السد : عند اختيار موقع لاقامة سد ما ، يجب

رسم خرائط تفصيلية لمكان السد وما يجاوره لكشف التركيب الجيولوجي للمنطقة ، كما يجب حفر جسات كثيرة في المنطقة للتأكد من تفاصيل جيولوجية ما تحت السطح . وعند توزيع حفر الجسات يجب أن يُراعى الحصول على أكبر قدر ممكن من المعلومات عن التراكيب الموجودة .

وقد يكون من الممكن ازالة الرواسب السطحية كلها من مكان السد للكشف عن الأساس الصخري الذي سيقام عليه . وفي حالة تعذر ذلك يمكن تعيين شكل الأساس الصخري من المعلومات التي يحصل عليها من حفر الجسات ، والتي يجب أن يكون عددها كافياً لعمل خريطة طبوغرافية لما تحت الرواسب السطحية (تبين التضاريس أي المرتفعات والمنخفضات له) .

ويفضل عند بناء السدود وخاصة الكبيرة منها أن تقام على صخور صلبة كالجرانيت أو التيس (كما هو الحال في سد أسوان والسد العالي) • وقد تصلح بعض الصخور غير ذات الصلادة العالية كالطفل مثلاً كقواعد ممكنة لأقامة بعض السدود الصغيرة (بعض القناطر على النيل) ولكن الأمر المهم هو ضرورة تفادي إقامة السدود على صخور غير متجانسة ، أى على صخور مكوّنة من طبقات صلبة متبادلة مع طبقات رخوة •

وأما من ناحية التراكيب البنائية ، فأخطر الحالات هي أن يُبنى السد على صدع أو صدوع معروفة بنشاطها في الأئونة الحديثة • ولذلك فإن تفهم التاريخ الجيولوجي للصدوع في المنطقة يجب أن تُوجّه إليه عناية قصوى • ويفضل في السدود التي تُبنى على صخور رسوبية أن يكون ميل الطبقات في أساس السد ميلاً خفيفاً ناحية الخزان أى ضد اتجاه التيار •

مشاكل الرشح في السدود : الرشح إما أن يكون من السد نفسه أو من القاعدة التي بنى عليها السد • وفي الغالب يمكن إهمال النوع الأول ، أما النوع الثاني فيجب التغلب عليه وحماية السد منه ، وهذه عملية تحتاج الى جهود من المهندس والجيولوجي وتعاونهما •

في الواقع أنه لا توجد مادة طبيعية تمنع مرور الماء منعاً باتاً تحت تأثير الضغوط الهيدروليكية الموجودة تحت الخزانات ، ولذلك فإن الرشح من المشاكل التي يجب دائماً التفكير في حلها • والرشح غير مرغوب فيه لسيئين :

أولاً : لأنه يسمح بتسرب جزء من ماء الخزان وضياعه •

ثانياً : لأنه اذا كانت سرعة الرشح عالية أدّى ذلك الى تكوين فجوات وممرات في الصخر ، نتيجة لازالة الحبيبات السائبة في الصخور ، مما يؤدي الى اضعاف السد ثم انهياره •

وفي الحقيقة لا يمكن منع الرشح منعاً باتاً من قاعدة السد ، ولكن

يمكننا تقليله وتقليل سرعة انتقال الماء ، بحيث لا يؤدي الى فقد هام في ماء الحَزْنَان ، أو الأخطر من ذلك التأثير على السد نفسه .

والاحتياطات التي تُؤخذ في هذه الحالات لتقليل الرشح وسرعة انتقال الماء الراشح خلال الأساسات ، هي بأن تُقَلَّك نفاذية المواد التي يتكون منها الأساس ، والطريقة المتبعة هي ما يسمى بالشرب أو الملاء بالضغط ، ذلك بأن تملأ الفجوات الموجودة في صخور الأساسات بواسطة ادخال أسمنت سائل بطريق الضغط ، وهذا التشريب لا يؤدي فقط الى الاقلال من نفاذية الصخر ، بل يؤدي أيضاً الى قوة احتماله .

أما اذا كانت صخور القاعدة التي سبني عليها السد كثيرة الفواصل والشقوق ، فيجب أن تملأ الفواصل وتُقَوَّى بأن تعمل ثقوب عديدة غير عميقة فوق سطح الصخر ، ثم يضغط داخل هذه الثقوب أسمنت سائل بواسطة مضخات ضاغطة مناسبة ، وذلك على أمل أن تملأ جميع الشقوق والفواصل في الصخر . ويجب ملاحظة أن يكون الضغط كافياً لدخول الأسمنت (أو المادة الأخرى المستعملة) في جميع الفجوات دون أن تؤدي زيادته الى زحزحة صخر القاعدة أو الى توسيع الشقوق والفواصل فيه .

ولذلك لا يجب القيام بعملية الملاء التطنائي هذه - كما تسمى - دون دراسة جيولوجية كاملة للمنطقة التي سبني فوقها السد للتعرف على أنواع الفواصل والشقوق والتطابق وأنطقة الضعف الأخرى ، ونفاذية الصخر . . . الخ . فمن ذلك أنه اذا كانت المنطقة التي سبني عليها السد منطقة صخور جيرية مثلاً ، فيجب اتخاذ اجراء خاص ، وهو أن تُغسَل الصخور الجيرية التي سبني عليها السد ، إذ أن فجوات الصخور الجيرية كثيراً ما تكون مُغطَّاة بنشاء رقيق من الطين الذي يمنع التماسك بين الصخور والمادة الماسكة (الأسمنت) . ولهذا يمرر ماء مضغوط في الفجوات قبل معالجتها بالأسمنت ، أما اذا أثبتت الدراسة الجيولوجية وجود فجوات كبيرة في الصخر فان طريقة الملاء بالضغط هذه لا تجدي . وقد أمكن

التغلب على مثل هذه الحالات اما بواسطة ملئها بالطين أو الخرسانة أو الأسفلت . والصخور الرملية لا يمكن مالجتها بالتشرب الأسمتى ، ولكن تستعمل طرق كيميائية ، وذلك بأن يدخل محلول مادة ما يملأ الفجوات ، ثم يدخل عليه محلول لمادة أخرى يؤدي تفاعلها مع المادة الأولى الى تكوين مركب غير قابل للذوبان مائلاً للفجوات والمسام .

٤ - تعمير الصحارى

لكل من الجيولوجى والمهندس الزراعى وغيرهم دوره فى تعمير الصحارى ، أما دور الجيولوجى فيكون فى النواحي الآتية :

(١) البحث عن المياه الأرضية والكشف عن ظروف وجودها ومصادرها ، لأنه بدون الماء لا يمكن تعمير الصحارى . ولم تعمر الواحات (الوادى الجديد) الا لوجود المياه الأرضية الارتوازية بها . ويعمل الجيولوجيون الآن على دراسة مصادر هذه المياه وامكان زيادتها نتيجة لذلك ، وعما اذا كانت دائمة أو غير دائمة ، وأسباب انخفاض مناسيب بعض الآبار بمرور الزمن ، كما يبحثون عن موارد مائية جديدة . ولهذا الغرض يدرسون البناء الجيولوجى للمنخفضات التى تتكون منها الواحات وتوزيع الرواسب فيها ، وبيان الطبقات الممررة منها والمنفذة ، وعلاقتها بتوزيع المياه الأرضية .

(٢) على الجيولوجى توفير الصخور والأحجار اللازمة للتعمير ، فعليه الكشف عن أنواع الصخور الموجودة فى المنطقة ، ومدى صلاحيتها لانشاء المباني والمنشآت الأخرى . وعليه أن يبحث عن وجود الخامات اللازمة لعمل الأسمنت الملاط وغيرهما من مواد البناء اللازمة لأقامة المنشآت .

(٣) معاونة منه للزراعة ، على الجيولوجى البحث عن المنخفضات المعدنية مثل رواسب الفوسفات والنترات ، حتى تكون الزراعة مستقلة فى الوادى الجديد . وقد كشف الجيولوجيون فعلا طبقات من رواسب

الفوسفات في الواحات الخارجية والداخلية ، ويتوقف استغلالها على التقدم في تعمير الوادى الجديد .

(٤) يجب على الجيولوجى المعاونة فى قيام صناعات محلية فى المناطق الصحراوية ، فعليه مثلا ، البحث عن الخامات المعدنية التى يمكن أن تقوم عليها صناعة تعدينية فى منطقة ما . وإذا وُجد الخام فعليه أن يبحث بالامكانيات المائية والانشائية . ومن أمثلة التعمير الناشئ عن الكشف عن خام معدنى مشروع وادى التطرون واستغلال خامات الملح وكبريتات الصوديوم والتطرون فى الصناعات المحلية ، مثل صناعة الزجاج والصابون ، والتي أدت الى المساهمة فى تعمير هذه المنطقة الصحراوية . مثال آخر مشروع حديد الواحات البحرية الذى سيؤدى الى انشاء مدينة تعدينية ، وما يتبعها من نشاط زراعى وعمرانى ، كما سيؤدى الى انشاء خط حديدى من الواحات الى وادى النيل عبر الصحراء . وعلى الجيولوجى أن يعاون فى البحوث اللازمة لانشاء هذا الخط الحديدى ، فعليه أن يدرس جيولوجية المناطق التى سيمر بها هذا الخط ، ونوع صخورها ، وتوفر الخامات اللازمة لانشاء الطرق من صخور ورمال وطين ، بحيث يكون الخط الحديدى ، فى اتجاهه أقرب ما يمكن الى مناطق وجود الخامات والصخور اللازمة .

(٥) على الجيولوجى دراسة الكثبان الرملية الموجودة فى المناطق التى يراد تعميرها . وتضم هذه الدراسات التعرف على اتجاه تحرك وسير هذه الكثبان حتى يمكن الحماية من خطرهما ومنعها من الطغيان على المزارع والمناطق الآهلة .

وتتلخص الطرق الحديثة فى درء خطر هجرة الكثبان الرملية فيما بأتى:

(١) غرس دعلمات خشبية أو غيرها فى الكثبان ، ومحاولة انماء بعض النباتات على جوانبها لمقاومة الريح . وهناك أنواع خاصة من النباتات تصلح أكثر من غيرها لهذا الغرض ، وهى تختلف باختلاف المناطق التى توجد فيها هذه الكُثبان .

(ب) حماية الغطاء النباتي الواقى للكثيب : وذلك بالرى وعدم اقتلاع الجذور والسوق إذا كان النبات من الأنواع الاقتصادية ، والاكتفاء بجمع البذور فقط ، إذ أن ترك السوق والأوراق فى الكثيب يساعد على تماسك الرى ، وعلى تكوين مواد دبالية تقلل البخر ، يساعد كذلك على انماء المحصول فى الأعوام التالية .

(ح) زرع الأشجار الكبيرة والمعمرة فى مناطق الكثبان ، وخاصة عند حدودها المقابلة للرياح ، وفى العادة لا تزرع هذه الأشجار إلا بعد محاولات لتعشيب الكثبان وزراعتها بالنباتات الصغيرة والحولية .

(د) توجد طريقة حديثة لمكافحة حركة الكثبان ، وهى لا زالت تحت البحث وتتلخص فيما يسمى بقتل الكثبان ، وذلك بفرشها بطبقة من الحصى والزلط على الجوانب المقابلة للرياح ، وهذا يؤدى الى الاقلال من تطاير الرمال مع هبوب الرياح كما أن هناك أبحاثاً عن امكانية قتل الكثبان برشها بالقلار .

والطريقة الأخيرة قد يضطر اليها فى المناطق الشديدة الجفاف ، والتي لا يتوفر بها الماء الكافى لتثبيط نمو النباتات على الكثبان .

(٦) الاشراف على الآبار أثناء حفرها للتعرف على الطبقات التى تمر فيها البئر ، حتى يمكن المضاهاة مع المناطق الأخرى ، ومعرفة تتابع الطبقات الممررة وغير الممررة فى المنطقة ، بذلك الطبقات الحازنة للماء ، وذلك حتى لا يتم الحفر فى منطقة جديدة دون أساس علمى .

وعلى العموم ، يعتبر الكشف عن الماء والثروات المعدنية والبترون والفحم من أكبر العوامل التى تساعد فى تعمير الصحارى . وخير شاهد على ذلك الكشف عن البترون الخام وإنتاجه بشبه جزيرة سيناء فى حقول سدر وعسل ، وبلاعيم وأبو روديس وسدرى ، وكذلك صناعة تعدين المنجنيز الى الجنوب فى أم بجسماً ، وجميعها أدت الى تعمير هذا الجزء الصحراوى من شبه الجزيرة وإقامة حضارة كاملة بمساكنها ومدارسها وتجاريتها ونشاط

أهلها • وكذلك الحال أيضاً في الفردقة ورأس غارب (بترول) وسفاجة
والقُصير (فوسفات) وجميعها على ساحل البحر الأحمر بالصحراء
الشرقية •

٥ - الكشف عن المعادن الاقتصادية

يَتَجَاوَزُ الجيولوجى الاقتصادى فى تعريفه للمعادن الاقتصادية عن
التعريف المصطلح عليه بين جيولوجى المعادن - الذى يقول ان المعدن مادة
متجانسة غير عضوية تكونت بفعل عوامل طبيعية وذات تركيب كيميائى مميز
وبناء ذرى ثابت - ليضم الى معادن الخامات المواد العضوية الاصل سواء
اكانت صلبة مثل الفحم أو سائلة مثل زيت البترول • ومعادن الخامات اما أن
تكون عنصرية ، وتعرف باسم المعادن العنصرية مثل الذهب والفضة والبلاتين
والكبريت ، أو مركبات قد يدخل الحديد فى تركيبها الكيميائى وتعرف باسم
المعادن الحديدية مثل معادن الحديد (ماجنيت) وهيماتيت ، ومعادن
(الميسيت - أكسيد التيتانيوم والحديد) ، ومعادن التيجستين (ولفراميت -
تيجستات الحديد والمنجنيز) ، ومعادن المنجنيز الحديدية ، وقد لا يدخل
الحديد فى تركيبها الكيميائى وتعرف باسم (المعادن غير الحديدية) وتضم
معادن الرصاص والزنك (جالينا وسفاليريت) ومعادن النحاس
(كالكوبيريت ، ملاكيت) ، أو تحصى على عناصر مشعة وتعرف باسم
المعادن المشعة مثل اليورانيوم والتشيلىند (أكاسيد اليورانيوم) •

(١) الكشف عن معادن الخامات -

قد توجد بعض الخامات المعدنية على سطح الأرض أو قريبة من
السطح ، بحيث يمكن كشفها بسهولة بالطريقة الجيولوجية العادية • ولكن
الكثير من الخامات ذات القيمة الاقتصادية لا يترك أية أدلة أو شواهد مباشرة
على سطح الأرض ثمكنتنا من تحديد أماكنه فى الحال • ويستدعى الأمر

في هذه الحالة أن نلجأ الى طرق مختلفة للتَّحَرِّي والكشف عن خامات المعادن ، وقد تكون هذه الطرق جيوفيزيائية (تطبيقات فيزيائية على المعادن والصخور) أو جيوكيميائية (تطبيقات كيميائية على المعادن والصخور) .

وتنحصر فائدة الطرق الجيوفيزيائية في كشف التراكيب الجيولوجية الملائمة لتجميع الخام أو وجوده ، ولكنها لا تقوم بإثبات وجود الخام ، إذ أن هذا يحتاج في الغالب الى أبحاث أخرى . أما الطرق الجيوكيميائية فلا علاقة لها بكشف التراكيب الجيولوجية ، ولكنها تهدف الى اثبات وجود الخامات في المناطق التي يؤخذ منها العينات ويجرى عليها التحاليل المختلفة .

وفي حالة المعادن الاشعاعية يستفاد من خاصية النشاط الاشعاعي للعناصر المشعة في الكشف عن مثل هذه الخامات ، وتعرف هذه الطرق بالطرق الاشعاعية .

(١) الطرق الجيوفيزيائية للكشف عن الخامات المعدنية : قلنا ان

الهدف الرئيسى للكشف الجيوفيزيائى هو اثبات وجود التراكيب الجيولوجية المخفية تحت السطح ، والتي يساعد التعرف عليها تحديد وجود ومواقع بعض الخامات المعدنية ، وكذلك البترول والفحم . وتتمد معظم هذه الطرق على وجود فروق فى الخواص الفيزيائية الثابتة للمعادن والصخور المحيطة بها ، وأهم هذه الخواص هى :

(١) كثافة الصخور .

(٢) الخواص المغناطيسية للصخور .

(٣) المقاومة الكهربائية للصخور .

(٤) الخواص الرابطة لمرونة الصخور .

(١) كثافة الصخور : تغير الكثافة من مقدار واتجاه جذب الأرض ،

وتسمى الطريقة التى تستخدم فيها هذه الخاصية بطريقة الجاذبية . وتناسب

هذه الطريقة للكشف عن التراكيب الجيولوجية الكبيرة ذات الارتفاع الكبير مثل الآتية المدفونة وقباب الملح وغيرها .

(٢) الخواص المغناطيسية : ويستفاد منها في تحديد الاضطرابات

في المجال المغناطيسي للأرض نتيجة لوجود جسم دائم التغطط كأكسيد الحديد المغناطيسي (المَاجْنِثِيَّت) أو الصخور المحتوية على تركيز عال منه ، وتسمى الطرق التي تستخدم على أساس هذه الخواص بالطرق المغناطيسية .

(٣) مقاومة الصخور للكهرباء : تختلف الأنواع المختلفة من الصخور

في درجة مقاومتها للتيار الكهربائي ، فالمعروف أن لكل صخر درجة مقاومة للكهربائية ثابتة . وتقوم الطرق التي تعتمد على هذه الخاصية بقياس ومقارنة المقاومة التي تحدثها الصخور لتيار كهربائي يمر فيها ، وتسمى هذه الطرق بطرق المقاومة الكهربائية وتستعمل هذه الطرق في الكشف عن البترول والمياه الأرضية بصفة خاصة .

(٤) الخواص الرابطة لمرونة الصخر : وهذه تتحكم في السرعة

التي تسير بها موجات الاضطراب الميكانيكي في الصخور نتيجة تفجير شحنة من المفرقات في حفرة من الأرض ، وبتقياس الزمن اللازم لسير هذه الموجات الى نقط مختلفة من السطح يمكن استنتاج الكثير عن طبيعة الصخور التي مرت بها الموجات وتوزيعها . وتستخدم هذه الطريقة في دراسة موجات الزلازل الطبيعية ، ولذلك فهي تسمى بالطريقة الزلزالية أو السيزمية .
وتستخدم هذه الطريقة في الكشف عن بعض المعادن وكذلك البترول .

(٢) الطرق الجيوكيميائية للكشف عن المعادن : تهدف الدراسات

الجيوكيميائية الى تقدير التركيب الكيميائي الكمي للأرض كوحدة وكأجزاء .

مختلفة . وكذلك الى كشف القوانين التي تتحكم فى توزيع العناصر المختلفة وتحركاتها من جزء من الكرة الأرضية الى جزء آخر ، وفى عبارة أخرى ان الجيوكيمياء علم يبحث فى توزيع عناصر الأرض سواء فى القشرة أم فى داخلها .

تستخدم طرق الكشف الجيوكيميائي عن الخامات المعدنية عندما لا يتيسر استخدام الطرق الجيولوجية العادية بشكل مفيد ، وذلك فى المناطق التى تكسو الصخور فيها طبقة سميكة من التربة تعوق استعمال الطرق المباشرة للبحث . ويتلخص الكشف الجيوكيميائي فى جمع عينات من التربة بطريقة منتظمة ، وتحليل هذه العينات كيميائياً لتحديد محتوياتها من العناصر النادرة . للنباتات أهمية كبرى فى هذه الطريقة ، فهى تمتص مع غذائها آثاراً بسيطة من العناصر النادرة وتخلط هذه بعد موتها بالتربة ، ومن دراسة النتائج التى تسفر عنها التحليل يمكن التعرف على التركيب الصخرى تحت التربة . ويعمل بعض المشتغلين بالجيوكيمياء على زيادة دقة طرق الكشف التى يستعملونها وذلك بجمع أوراق من النباتات الكبيرة التى تنمو فى المنطقة على نظام يشبه ذلك الذى جمعت به عينات التربة ، ثم يحرقون هذه الأوراق ويجللون الرماد المتبقى منها لحساب وكشف العناصر النادرة التى يحتوى عليها ومقارنتها بنتائج تحليل التربة .

وقد أمكن من مثل هذه الأبحاث الجيوكيميائية الوصول الى عمل خرائط من نوع خاص تمثل توزيع التركيزات المختلفة للعناصر النادرة الموجودة ، وبالتالي تحديد المناطق السطحية التى يوجد بها تركيزات فوق العادة ، ثم تتبع مصادر هذه العناصر والكشف عن الخامات المعدنية التى تجريها .

(٣) الطرق الاشعاعية للكشف عن المعادن المشعة : لما كانت المعادن

المشعة تتميز بأنها تضم فى تركيبها الكيميائي عناصر اشعاعية مثل اليورانيوم والثوريوم وهى عناصر غير مستقرة وتفتت ذاتياً بصفة مستمرة وبسرعة ثابتة ، وتطلق اشعاعات مختلفة لا نراها أو نحس بها ، ولكن تتأثر بها أجهزة

خاصة ، فقد استفاد الجيولوجي من هذه الخاصية الفريدة في التحري والكشف عن هذه الرواسب المدنية الثمينة . ويستعمل في الكشف عن هذه المعادن المشعة أجهزة كثيرة ، ويتم الكشف اما عن سطح الأرض سيراً على الأقدام أو في السيارة أو بالطائرة .

والفكرة في هذه الأجهزة أنها تضم صمامات الكترونية تتأثر بالإشعاعات الصادرة من العنصر المشع ، فتحدث صوتاً في هيئة « قرقة » . يمكن الاستماع اليه بواسطة سماعة على الأذن ، أو تحدث وميضاً ضوئياً على شاشة معدة خصيصاً لذلك (وذلك بمعالجتها بيمض المواد الكيميائية التي تتأثر بهذه الإشعاعات) . والجهاز الأول ذو السماعة ، ويعرف باسم عداد جيوجر ، عبارة عن جهاز صغير مثل الراديو الترانزستور يسهل حمله في الجيب أو ربطه الى الساق ، والسير به على الصخور المختلفة . فإذا سمع الجيولوجي « قرقة » كثيرة ومستمرة عن طريق السماعة الموضوعة على أذنه ، أدرك في الحال أنه فوق صخور تحتوي على معادن اشعاعية ، ومن ثم يبدأ في اجراء الاختبارات الجيولوجية والكيميائية للعثور على خام المعدن المشع . أما الجهاز الثاني فيعرف باسم ستيللومتر ، وهو جهاز غالى الثمن وشديد الحساسية ، ويستعمل في العادة في عملية الكشف عن المعادن المشعة بالطائرة . وبواسطة هذا الجهاز يمكن التحري عن المعادن المشعة في مناطق كثيرة وفي زمن قصير ، وتحديد المناطق ذات الاشعاعات العالية وبالتالي الكشف عن موارد الخامات المشعة .

(ب) الكشف عن زيت البترول

المهمة الأولى للجيولوجي في الكشف عن زيت البترول هي تحديد مواقع التراكيب المناسبة لخران (مستودع) زيت البترول فيما بين الصخور التي يحتمل أن تكون حاملة له .

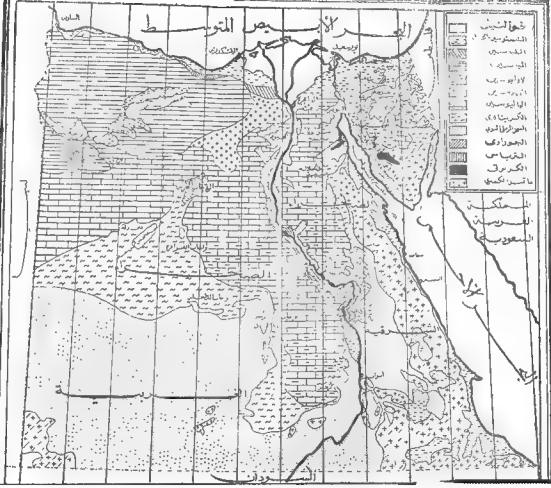
ويقلب وجود نشع من الغازات أو السوائل أو المواد الصلبة على سطح

الأرض ، على أنه في الوقت الحاضر لا يعتمد كثيراً على مثل هذه العلامات كما كان الحال فيما مضى .

وأكثر الغازات شيوعاً هي الغاز الطبيعي أو الميثان ، وكبريتيد الأيدروجين وثاني أكسيد الكربون وتختلف العينات المكتشفة من زيت البترول اختلافاً كبيراً في مظهرها ، فبعضها عبارة عن مزيج باهت اللون من الزيت والماء ، ولكن معظمها قاتم اللون لزج أو يكاد يكون صلباً . والعادة أن يتخلف عن الزيوت الأسفلتية رواسب ثقيلة ، أما الزيوت المقطرة فيتبخر معظمها تماماً وبسرعة ، وبذلك يكون من الصعب رؤيتها عند الكشف . على أن عدم وجود علامات خام البترول على سطح الأرض ليس دليلاً على عدم وجود زيت البترول ، كما أن علامات خام البترول الموجودة في مساحات شاسعة قد تكون كل ما تبقى من زيت البترول . والرواسب الصلبة الموجودة في هيئة بحيرات من الزفت تكون عادة أسفلتية . وحتى في الحالات التي لا توجد فيها علامات سطحية لخام البترول فمن المتعذر أن يغامر بالأموال الطائلة اللازمة لحفر آبار تجريبية في أى موقع يوجد به دليل على وجود تعاقب مناسب من الطبقات الرسوبية وكذلك التركيب الجيولوجى المناسب .

وواجب الجيولوجى دائماً أن يقوم بتحضير خريطة للمنطقة المنتخبة تبين التركيب الجيولوجى بالتفصيل ، والأشكال المختلفة من التجاويف والطيات الموجودة ، ويجب ألا يتقاضى عن وجود أى ثنيات حتى ولو كانت ثنيات خفيفة ، وتعتبر المضاهاة البالغة الدقة بين الطبقات أمراً ضرورياً في تحديد أمثال هذه التراكيب الجيولوجية الطفيفة . وقد تتم هذه المضاهاة - في بعض الأحيان - بالاستعانة بأخصائى في علم الحفرات المجهرية (مثل المنخرات) التى قد يوجد منها آلاف عديدة مطبورة في عينة أخذت من الحفر سمكها بضع سنتيمترات . أو قد تتم هذه المضاهاة باستعمال الطرق الفيزيائية مثل طريقة المقاومة الكهربائية (طريقة شلمبرجر) لثقب الحفر . وهذه الطريقة تسجل مواضع الطين والرمال والصخور الجيرية في الثقب بواسطة قياس المقاومة الكهربائية .





١. لوحة توزيع الحماية في العصور الجيولوجية

[illegible]

ولا توجد العلامات السطحية لخام البترول - حتى التركيبية منها - في كل المواقع ، فقد تملأ الطبقات الحاملة للبترول - في حالة عدم التوافق - طبقات أخرى أحدث عمراً من الحركة الأرضية التي أنتجت « مصائد » خام البترول ، وهذا الغطاء من الرواسب حتى ولو كان من الطمي يخفي تحت التراكيب الجيولوجية المراد تحديدها ، وفي هذه الحالة نلجأ الى الاختصاصين الجيوفيزيائيين •

يقوم الجيوفيزيائي بتحديد السطوح التي تفصل بين تكاوين الصخور المختلفة - التي لا يمكن رؤيتها - بواسطة بعض المقاييس التي ترصد عند سطح الأرض ، ومن هذه السطوح وأشكالها يمكن تفسير التركيب الجيولوجي للطبقات التي تحت السطح •

ومن أمثلة الطرق التي تستعمل في البحوث الجيوفيزيائية عن البترول الطريقة الزلزالية ، وفي هذه الطريقة تشعل شحنة من البارود موضوعة في ثقب يتراوح عمقه بين ثلاثة ، وثلاثين متراً أو يزيد ، فتعكس الأمواج الناشئة عن هذه الهزة من سطوح طبقات الصخور الصلبة المختلفة الموجودة تحت سطح الأرض ، وتستقبلها مجموعة أجهزة التقاط الموجات موزعة توزيعاً مناسباً ، وتكبر هذه الموجات ثم تُسجل بطريقة فوتوغرافية على شريط متحرك ، وهذا الشريط يُسَجَّل أيضاً لحظة الانفجار بالضبط ، وتحسب أعماق السطوح التي تعكس الموجات من مقادير الموجات ، وبعد مقارنة النتائج بمجموعة من مثل هذه المقاييس ، يمكن رسم خرائط ذات خطوط مناسبة تبين أعماق وشكل السطوح العاكسة للموجات •

(ح) الكشف عن الفحم

المعروف أن الفحم - وهو أحد أنواع الصخور الرسوبية العضوية - يوجد في هيئة طبقات ، يختلف سمكها من مستبترات قليلة الى أكثر من متر ، وقد توجد مجموعات من هذه الطبقات في بعض التكاوين الجيولوجية بحيث يفصل بينها طبقات من صخور رسوبية أخرى كالطفل والرمل •

وقد اكتشفت كثير من الرواسب الفحمية عن طريق المشاهدات السطحية حيث تظهر أجزاء من هذه الطبقات على سطح الأرض ، اما طبيعياً أو نتيجة لأعمال صناعية مثل حفر نفق للسكة الحديد في أحد الجبال ، أو نسف الصخور في تل من التلال لتمهيد طريق للسيارات . ثم يتبع هذه الطبقات في اتجاه ميلها وامتدادها أمكن تحديد كمياتها واستغلالها ، وذلك بإنشاء المناجم الخاصة بها . (الكهربائية والزلاية) لمعرفة امتداد الطبقات

الفحمية وكمياتها وتوزيعها وتأثرها بالصُدُوع المختلفة ، ويساعد هذه الطرق في الوصول الى النتائج المطلوبة ، حفر آبار عميقة في الصخور ، ودراسة العينات الناتجة . ويتجميع هذه النتائج وابرآزها في هيئة خرائط وقطاعات جيولوجية يمكن الكشف عن أماكن وجود الفحم تحت السطح ومعرفة كمياته ونوعه ، كما حدث عند اكتشاف الفحم بمنطقة عيُون موسى ، جنوب شرقي مدينة السويس بشبه جزيرة سيناء .

مسئلة

(١) « سامعت المادن والمواد المعدنية فى بناء حضارة الانسان منذ القدم حتى وقتنا هذا » .

اشرح ما الذى تقصده بهذه العبارة .

(٢) ١ - ما هى الخواص المطلوبة فى احجار الرصف ؟

ب - اذكر ثلاثة أنواع من الصخور تستعمل فى انشاء الطرق .

ج - اذكر ثلاثة أنواع من الصخور لا تستعمل فى انشاء الطرق .

(٣) كيف تحمى الشواطىء من تأثير الأمواج البحرية ؟

(٤) أكمل العبارة التالية :

يتحكم فى اختيار موقع الخزان ثلاثة عوامل جيولوجية رئيسية هى :

١ - . . .

٢ - . . .

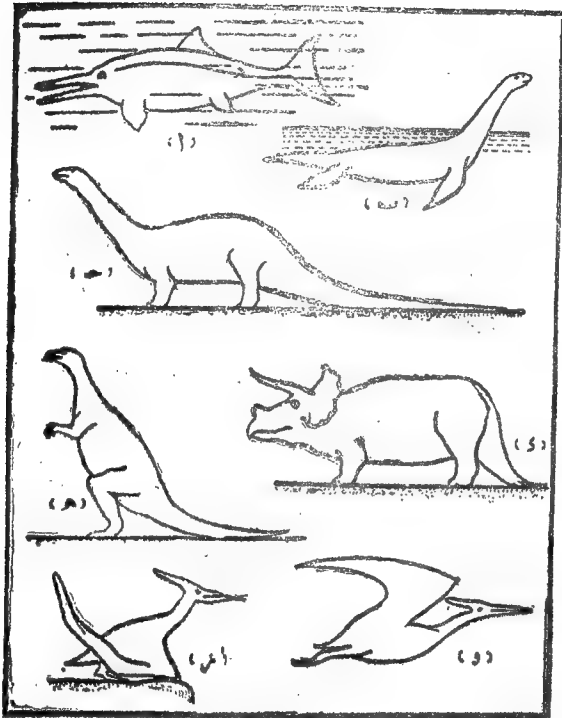
٣ - . . .

(٥) كيف يمكن معالجة الرشح فى السدود ؟

(٦) فى نقاط مختصرة اذكر دور الجيولوجى فى تصميم المصارى ؟

(٧) ١ - ما هى الطرق الجيوفيزيائية المستعملة فى الكشف عن الخامات المعدنية والبترول والفحم ؟

ب - كيف نكشف عن المادن الاشعاعية ؟



زواحف حقبة الحياة الوسطى

- | | |
|-------------------|--------------|
| (د) ترياسراتوس | (أ) أكتيوسور |
| (هـ) اغوانودون | (ب) بليزوسور |
| (و، ز) تريوداكتيل | (ح) بروتوسور |



« الطائر النيق (أركيوتريكس) »

الفهرست

صفحة

الباب الاول - التاريخ الجيولوجى للكرة الأرضية	٣
تصريف	٣
التاريخ أو السلم الزمنى	٤
(١) تعاقب الطبقات	٥
(٢) الترابط الحجرى والحفرى بين الطبقات	٩
(٣) الحفريات وأمثلة لها	١٧
(٤) الاستفادة من التفجيرات التى طرات على الحياة فى عمل	
السلم التاريخى الجيولوجى	٣٩
تقدير عمر الأرض	٤٣
تقسيم الزمن الجيولوجى	٤٨
الباب الثانى - الحقب والمصور الجيولوجية	٦٣
حقب ما قبل الكمبرى	٦٣
حقب الحياة القديمة	٦٩
حقب الحياة الوسطى	٧٤
حقب الحياة الحديثة	٧٨

صفحة

٩٤	الباب الثالث - الجيولوجيا في خدمة الانسان
٩٤	تصريف
٩٦	(١) انشاء الطرق
١٠١	(٢) حماية الشواطئ
١٠٣	(٣) السدود والخزانات
١٠٨	(٤) تعمير الصحارى
١١١	(٥) الكشف عن المعادن الاقتصادية

تم بحمد الله طبع ٥٣.٠٠٠ من هذا الكتاب بطابع
الشركة المصرية للطباعة (حسن منكور وأولاده)
الكائن مقرها ٣٠ شارع عبد الخالق ثروت بالقاهرة في يوم
الاثنين ١٠ صفر سنة ١٣٨٦ هـ الموافق ٣٠ مايو سنة ١٩٦٦ م
تلفون ٥١٥٧١ — ٤٨٩٢١ — ٩٠٦٥٧١

مدير المطبعة

حسن منكور

Bibliotheca Alexandrina



0590340

المكتبة المتكاملة

مكتبة الإسكندرية

٣ شارع قوسمان بن قوسم

الاسكندرية - مصر